

**USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA  
DETERMINACIÓN DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN EN EL MUNICIPIO DE  
CHÍA**

**ALBA ZULEIDY AVENDAÑO CIPAGAUTA  
YESSICA KATHERINE CADENA MELO**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ D.C.  
2014**

**USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA  
DETERMINACIÓN DE AMENAZAS POR INUNDACIÓN EN EL MUNICIPIO DE  
CHÍA**

**ALBA ZULEIDY AVENDAÑO CIPAGAUTA  
YESSICA KATHERINE CADENA MELO**

**Trabajo de grado para optar al título de  
Ingeniero Civil**

**Directora  
ALEJANDRA RIVERA  
Geóloga**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ D.C.  
2014**



## Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:  
**Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)**

Para leer el texto completo de la licencia, visita:  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

### Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra  
hacer obras derivadas

### Bajo las condiciones siguientes:



**Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



**No Comercial** — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Nota de aceptación

---

---

---

---

Director de Investigación  
Geóloga Alejandra Rivera

---

Asesor Metodológico  
Ing. Saieth Cháves Pabón

---

Jurado

Bogotá D.C., mayo de 2014

*A Dios, cuyo significado en mi vida sería imposible describir, siempre ha estado presente aun cuando he dado pasos en falso, a mi padre por demostrarme a cada segundo su amor y apoyo, a mi madre por ser mi motivación y mi gran ejemplo a seguir, a cada persona que de una u otra manera ha aportado en mi formación y finalmente a ti.*

*Alba Zuleidy*

*Por mi parte quiero dedicar este documento a mi familia, seres con grandes valores que siempre demostraron su apoyo y confianza en mis habilidades.*

*También a todas aquellas personas que me acompañaron en esta etapa de mi vida, que con su culminación abre las puertas para nuevas metas.*

*Y para Peeta.*

*Jessica Katherine*

## **AGRADECIMIENTOS**

No estaríamos escribiendo estas palabras sino hubiéramos contado con el apoyo de Dios y nuestros Padres, quienes con su amor y consejos nos hicieron las personas que hoy somos. Es por esto que queremos, por medio de esta página, demostrar todo nuestro agradecimiento, pues sabemos que se han sacrificado numerosas veces por asegurarnos un bienestar. Hoy podemos afirmar que estos sacrificios se los recompensaremos y que siempre estarán orgullosos.

Han sido cinco años de esfuerzo, dedicación, de formación profesional y personal, los cuales estuvieron llenos de risas y anécdotas debido a los amigos que tuvimos la suerte de conocer. Aleja, Mao, Cami, Pipe, Josh y Andre, Gracias.

Dios, Padres y Amigos: los amamos.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	12
1. GENERALIDADES	13
1.1 ANTECEDENTES	13
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.2.1 Descripción del problema	14
1.2.2 Formulación del problema	14
1.3 OBJETIVOS	14
1.3.1 Objetivo general	14
1.3.2 Objetivos específicos	15
1.4 JUSTIFICACIÓN	15
1.5 DELIMITACIÓN	16
1.5.1 Espacio	16
1.5.2 Tiempo	16
1.5.3 Contenido	16
1.5.4 Alcance	16
1.6 MARCO DE REFERENCIA	16
1.6.1 Marco teórico	16
1.6.2 Marco conceptual	16
1.6.2.1 Ciclo hidrológico	16
1.6.2.2 Inundaciones	17
1.6.2.3 Precipitaciones	18
1.6.2.4 Suelo	18
1.6.2.5 Clasificación de los suelos	18
1.6.2.6 Sistemas de Información Geográfica	19
1.6.2.7 Capa Raster	19
1.6.2.8 Capa vectorial	19
1.6.2.9 GeoTiff	19
1.7 METODOLOGÍA	20
1.7.1 Tipos de estudio	20
1.7.2 Fuentes de información	20
1.8 DISEÑO METODOLÓGICO	20
2. MUNICIPIO DE CHÍA	21
2.1 GENERALIDADES	21
3. DESARROLLO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LA DETERMINACIÓN DE AMENAZAS POR INUNDACION EL MUNICIPIO DE CHÍA	22
3.1 GENERALIDADES DEL QUANTUM GIS	22
3.2 COORDENADAS GEO- REFERENCIADAS	22



	pág.	
3.3	MAPA DE ELEVACIÓN Y CURVAS DE NIVEL	23
3.3.1	Elaboración	23
3.3.2	Información que proporciona.	26
3.4	MAPA DE PENDIENTE	27
3.4.1	Elaboración	27
3.4.2	Información que proporciona	27
3.5	MAPA DE PERFIL	28
3.5.1	Elaboración	28
3.5.2	Información que proporciona	29
3.6	MAPA HIDROLÓGICO	30
3.6.1	Elaboración	30
3.6.2	Información que proporciona	31
3.7	MAPA DE ISOYETAS	32
3.7.1	Elaboración	32
3.7.2	Información que proporciona	41
3.8	CAPA DE BOSQUE (CAPA WFS)	42
3.8.1	Elaboración	42
3.8.2	Información que proporciona	43
3.9	ZONAS DE INUNDACIONES (CAPA WMS)	44
3.9.1	Elaboración	44
3.9.2	Información que proporciona	44
3.10	VÍAS (CAPA WFS)	46
3.10.1	Elaboración	46
3.10.2	Información que proporciona	46
4.	MAPA DE ZONA DE AMENAZA POR INUNDACION EN EL MUNICIPIO DE CHÍA	48
4.1	ELABORACIÓN	48
4.1.1	Conversión de capas Raster a Vectorial	48
4.1.2	Buffer	48
4.1.3	Intersección de mapas	48
4.1.4	Reescalar	49
4.1.5	Ponderación	49
4.1.6	Conversión de capa Vectorial a Raster	49
5.	RESULTADOS	51
6.	CONCLUSIONES	53
7.	RECOMENDACIONES	54
	BIBLIOGRAFÍA	55

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Estación Alco	33
Tabla 2. Estación Santa Teresa	34
Tabla 3. Estación Santa Isabel	36
Tabla 4. Precipitación Anual estación Alco	39
Tabla 5. Precipitación Anual estación Santa Teresa	39
Tabla 6. Precipitación Anual estación Santa Isabel	40
Tabla 7. Datos para el cálculo de precipitaciones anual	42
Tabla 8. Convención de Colores y categorización de Amenaza	51

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Ciclo Hidrológico.	17
Figura 2. Capa Raster en escala de color Unibanda Pseudocolor	23
Figura 3. Mapa de Sombras	24
Figura 4. Mapa de Elevación	24
Figura 5. Curvas de Nivel	25
Figura 6. Curvas de Nivel y Mapa de elevación	26
Figura 7. Convención de Colores Mapa de Elevación	26
Figura 8. Mapa de Pendiente	27
Figura 9. Escala de Colores Mapa de Pendientes	28
Figura 10. Capa de Perfil	29
Figura 11. Perfil	30
Figura 12. Mapa Hidrológico.	31
Figura 13. Mapa de Isoyetas	41
Figura 14. Bosques	43
Figura 15. Inundación de Marzo de 2011	45
Figura 16. Inundaciones de Marzo de 2011 y Mapa hidrológico	45
Figura 17. Vías	47
Figura 18. Mapa de amenaza por inundación	50
Figura 19. Mapa de amenaza por inundación e inundaciones del 2011	52

## INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta el historial de inundación en el municipio de Chía esta investigación tuvo como propósito utilizar los SIG como una herramienta de análisis de información cartográfica útil para que los organismos de control puedan visualizar las áreas que tienen mayor amenaza de inundación y así generar mecanismos de mitigación y prevención frente a futuras épocas invernales como la ocurrida en el 2011.

Se trató de una investigación cuantitativa de aplicación de herramienta informática, donde se utilizaron mapas para representar datos que pudieran influenciar sobre el fenómeno de inundaciones. Para ello se definió el área de estudio. Es importante establecer el área en el cual se van a realizar dichos estudios para tener un enfoque sobre qué información se debe obtener.

A continuación se consiguieron los mapas para encontrar y recopilar los mapas del sitio a estudiar, dicho esto debemos encontrar los siguientes planos para poder realizar una buena investigación (topográfica, geológica, hidrológica).

Posteriormente se efectuó la geo-referenciación: mediante este proceso se establece la ubicación exacta del tramo a estudiar en la superficie terrestre en cada plano, ya que nos proporciona la estructura de datos digitales que permiten aplicar los sistemas de proyección. Esto llevó a la etapa de digitalizar: después de obtener los planos, se procede a digitalizar cada uno de estos en el sistema de información geográfica establecido anteriormente (QUANTUM GIS).

El proceso anterior llevó a los autores a la ponderación de mapas: analizar la importancia de cada uno de los mapas para determinar cuál de todos los factores influyen o tienen mayor importancia en los fenómenos de inundación.

Por último, se efectuó el análisis de la información: encontrar las áreas con mayor amenaza de inundaciones y verificar la similitud de los resultados con los que se pueden generar en campo para obtener como respuesta si los SIG son de gran ayuda en estos fenómenos.

## 1. GENERALIDADES

El municipio de Chía en Cundinamarca se ha visto afectado por una serie de inundaciones en diferentes periodos. Una de las más recordadas fue la ocurrida en el 2011 causadas por el fenómeno de la niña<sup>1</sup>, pues dejó más de 400 damnificados además de problemas con el manejo de aguas residuales y aguas lluvias. De acuerdo a lo anterior y el historial de inundaciones, esta investigación tuvo como propósito utilizar los SIG como una herramienta de análisis de información cartográfica útil para que los organismos de control puedan visualizar las áreas que tienen mayor amenaza de inundación y así generar mecanismos de mitigación y prevención frente a futuras épocas invernales como la ocurrida en el 2011.

Para cumplir con este objetivo se tuvieron en cuenta los factores que se consideraron más importantes en el fenómeno de inundaciones, estos fueron: la hidrología, topografía, pendientes y las vías del municipio. Con esta información y el histórico de inundaciones del municipio se procedió a ponderar cada uno de los mapas generados con el programa QGIS (mapa de elevación, pendiente, isoyetas y zonas de inundación), para luego realizar operaciones e intersecciones entre estas capas con el mismo software.

Como resultado se logró un mapa que señala las zonas de amenaza por inundación según una escala de colores determinada. Al hacer la comparación del mapa obtenido con las inundaciones anteriores se encontró que las zonas afectadas en el 2011 coinciden y que las áreas aferentes a los ríos Bogotá y Frío, es donde se van a generar mayores procesos de inundación en Chía.

### 1.1 ANTECEDENTES

En los últimos semestres en la Universidad Católica de Colombia se han desarrollado diferentes investigaciones referentes a los Sistemas de Información Geográfica aplicados al fenómeno de remoción en masa, como lo son la Tesis sobre Uso de SIG en la elaboración de mapas de probabilidad de riesgo de ocurrencia en fenómenos de remoción en masa<sup>2</sup> y la Tesis sobre Estudio de estabilidad de taludes en la región de Cundinamarca mediante el uso de SIG de libre distribución.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> SISTEMA NACIONAL DE GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRE. Fenómeno de la Niña [en línea]. Bogotá: La empresa [citado 09 de Febrero, 2014]. Disponible en Internet : <URL: <http://www.sigpad.gov.co/sigpad/archivos/ResumenGESTIONDELRIESGO.pdf>, Pag. 6>

<sup>2</sup> NEIRA GIRÓN, Álvaro Hernán, MELO SORACIPA, Freddy Orlando y RIVERA BASTO, Alejandra. Elaboración de mapas de probabilidad de riesgo de ocurrencia de fenómenos de remoción de masa, mediante el uso de SIG, caso de aplicación: localidad de Usaquén, Bogotá. Trabajo de grado. Ingeniero Civil. Bogotá: Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Civi, 2012. p. 13.

<sup>3</sup> CRUZ BARRETO, Mónica Alejandra, TORRES RODRÍGUEZ, Jonathan Alberto y RIVERA BASTO, Alejandra. Estudio de estabilidad de taludes en la región de Cundinamarca mediante el uso de sistemas de información geográfica de libre distribución. Trabajo de grado. Ingeniero Civil. Bogotá: Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Civi, 2012. p. 25.

Por otra parte, existe un Proyecto Piloto en la Zona Hidrográfica del Alto Cauca, este proyecto se basa en la construcción de un modelo conceptual para la restauración del corredor de conservación y uso sostenible del sistema río Cauca en su valle alto<sup>4</sup>. En síntesis se trata de un ejercicio de planificación regional de mediano y largo plazo en el nivel de zona hidrográfica, con el cual se definirá la ruta a seguir en gestión del riesgo en la zona de estudio y con base en los resultados se construirá la guía para la zonificación de amenazas por inundación en cauces aluviales de las zonas hidrográficas definidas por el IDEAM como insumo en el proceso de zonificación ambiental de los POMCAS.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

1.1.1 Descripción del problema. El municipio de Chía se ha visto afectado por inundaciones, las cuales han causado grandes pérdidas materiales. De acuerdo con la Gobernación de Cundinamarca, la ola invernal ha afectado a 83 municipios, 6.451 familias, 57 vías primarias y 25 puentes vehiculares<sup>5</sup>; actualmente se cuenta con un registro que facilite el acceso a la información sobre las partes de Chía que han sido perjudicadas por este fenómeno natural, sin embargo esta base de datos no permite realizar un análisis adecuado para determinar las zonas con mayor probabilidad de amenaza de inundación y de esta forma contar con herramientas para prevenir emergencias.

1.2.2 Formulación del problema. Los Sistemas de Información Geográfica son una herramienta útil en la organización de datos ya que permiten visualizar las características propias de una zona determinada, teniendo en cuenta esto, la elaboración de un SIG enfocado al tema de inundaciones ayudaría a realizar un diagnóstico de amenaza sobre la ocurrencia del fenómeno mencionado.

¿Los Sistemas de Información Geográfica son una herramienta adecuada para determinar las zonas que presentan mayor amenaza por inundaciones en el municipio de Chía?

## **1.3 OBJETIVOS**

1.3.1 Objetivo general. Determinar la amenaza por inundación en el municipio de Chía - Cundinamarca, por medio de cartografía, haciendo uso de los sistemas de información geográfica (SIG) para proporcionar más datos que ayuden al análisis de este fenómeno geográfico.

---

<sup>4</sup> GOBERNACIÓN DEL VALLE DEL CAUCA. Sistemas de Información Geográfica [en línea]. Bogotá: La empresa [citado 09 de febrero, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.valledelcauca.gov.co/reconstruccion/descargar.php?id=7804>>.

<sup>5</sup> UNIVERSIDAD DISTRITAL. Diplomado sobre emergencias naturales [en línea]. Bogotá: La empresa [citado 30 de enero, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://comunidad.udistrital.edu.co/hzuniga/files/2012/06/Memorias-Diplomado.pdf>>.

### 1.3.2 Objetivos específicos.

- Recopilar información sobre la topografía, las características del suelo y la hidrología del municipio de Chía, para identificar las características del terreno.
- Generar un mapa a partir de los datos recopilados que identifique las posibles zonas de inundación en Chía-Cundinamarca, el cual brinde información para la solución de futuros problemas de planificación y de gestión en el ámbito de ordenamiento territorial.
- Representar de manera lógica y ordenada la información correspondiente al fenómeno de inundaciones en Chía, Cundinamarca para que sea más fácil el manejo de los datos.
- Evaluar los antecedentes de inundación del municipio de Chía, en especial los ocurridos durante el 2011 para conocer las posibles causas y comparar las zonas afectadas con el mapa de inundaciones generado.

## 1.4 JUSTIFICACIÓN

Según el Sistema Nacional de Gestión de Riesgos de Desastre: “Cada año las inundaciones producen mayores desastres porque el hombre deteriora progresivamente las cuencas y cauces de los ríos y quebradas, deposita en ellos basura, tapona drenajes naturales limitando las ciénagas, aumenta la erosión con talas y quemas, y habita u ocupa lugares propensos a inundaciones”<sup>6</sup>, sin embargo, hay casos en que las inundaciones se producen en forma casi instantánea, llegando a su nivel más alto en sólo algunos minutos, esto puede suceder por ejemplo cuando hay intensas lluvias en un breve período de tiempo.

La contaminación del Río Bogotá sumado a las intensas lluvias ocasionó durante el 2011 una inundación de grandes proporciones que afectó al municipio de Chía, ocasionando grandes pérdidas económicas y problemas sociales. Por tal motivo se recopiló información, esta se usó en los Sistemas de Información Geográfica y el Quantum Gis con el fin de proporcionar un mapa donde se delimiten las zonas con probabilidad de amenaza de inundaciones y de esta manera el sistema de información creado podría ser una base para que la Alcaldía Municipal mejore el Plan de Ordenamiento Territorial.

---

<sup>6</sup> SISTEMA NACIONAL DE GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRE. Inundaciones [en línea]. Bogotá: La empresa [citado 30 de enero, 2014]. Disponible en Internet: <URL: [http://www.sigpad.gov.co/sigpad/paginas\\_detalle.aspx?idp=144](http://www.sigpad.gov.co/sigpad/paginas_detalle.aspx?idp=144)>.

## **1.5 DELIMITACIÓN**

1.5.1 Espacio. Es el Municipio de Chía que cuenta área de tal 79,3808 km<sup>2</sup>, ubicado en el departamento de Cundinamarca” delimitada por las siguientes coordenadas 4°51'48"N 74°03'10"O.

1.5.2 Tiempo. El proyecto se llevara a cabo en el tiempo que se ha establecido por la Universidad Católica de Colombia, esto es, un periodo académico, logrando en este tiempo el debido cumplimiento de los objetivos propuestos.

1.5.3 Contenido. En este documento se encuentra la información recopilada para llevar a cabo el desarrollo del proyecto, específicamente esta la descripción del procedimiento para cada capa que se encuentra en Quantum Gis, la información de estas y las conclusiones a las que nos lleva el estudio realizado.

1.5.4 Alcance. Al hacer uso de los Sistemas de información geográfica sobre la incidencia de inundaciones en el municipio de Chía, permite una mayor organización de los datos pues estos se muestran de forma clara y fácil por medio de mapas facilitando de esta manera el análisis de la información.

## **1.6 MARCO DE REFERENCIA**

1.6.1 Marco teórico. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas muy potentes que permiten, por un lado, trabajar en la planificación territorial- en la implementación de niveles de prevención frente a las amenazas a las que está expuesto un territorio- y, por otro, dar respuestas eficientes frente a la ocurrencia de una emergencia o catástrofe.

La zonificación de áreas susceptibles a la inundación, por lo general, implica la integración de los SIG; en ésta, se usan datos topográficos, edafológicos, hidrológicos, climáticos, de vegetación y uso de suelo, con la modelación hidrológica e hidráulica; con todo esto se determina espacial y cuantitativamente las áreas inundadas y los riesgos asociados.

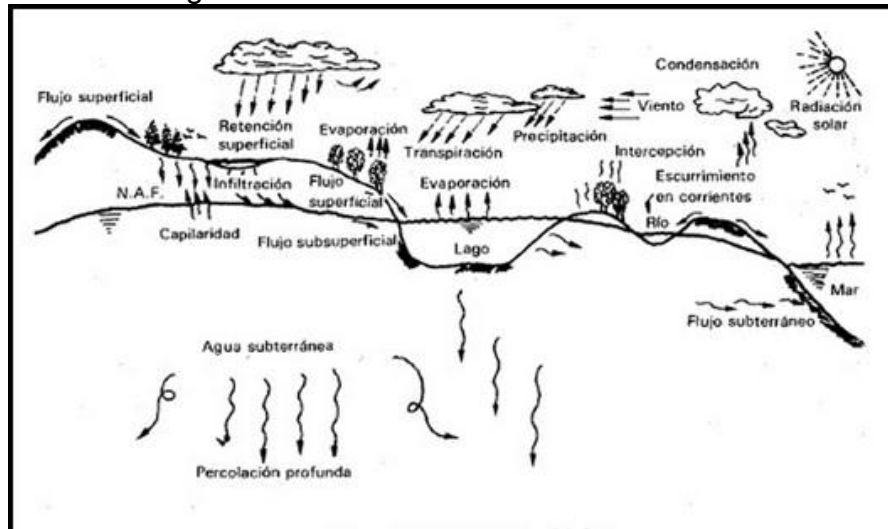
### **16.2 Marco conceptual.**

1.6.2.1 Ciclo hidrológico. El agua que se encuentra sobre la superficie terrestre o muy cerca de ella se evapora bajo EL efecto de la radiación solar y el viento. El vapor de agua, que así se forma, se eleva y se transporta por la atmósfera en forma de nubes hasta que se condensa y cae hacia la tierra en forma de precipitación. Durante su trayecto hacia la superficie de la tierra, el agua precipitada puede volver a evaporarse o ser interceptada por las plantas o las construcciones, luego fluye por la superficie hasta las corrientes o se infiltra. El agua interceptada y una parte de la infiltrada y de la que corre por la superficie se evapora nuevamente. De la precipitación que llega a las corrientes, una parte se



infiltra y otra llega hasta los océanos y otros grandes cuerpos de agua, como presas y lagos. Del agua infiltrada, una parte es absorbida por las plantas y posteriormente es transpirada, casi en su totalidad, hacia la atmósfera y otra parte fluye bajo la superficie de la tierra hacia las corrientes, el mar u Otros cuerpos de agua, o bien hacia zonas profundas del suelo para ser almacenada como agua subterránea y después aflorar en manantiales, ríos o el mar<sup>7</sup>.

Figura 1. Ciclo hidrológico.



Fuente: APARICIO, Francisco Javier. Fundamentos de hidrología de superficie. México: Limusa, 1992. p. 17.

1.6.2.2 Inundaciones. Las inundaciones normalmente se producen por desbordes de ríos, debido a intensas lluvias. Algunas razones para que se produzca una inundación.

- Cauces de ríos saturados de basura u obstruidos con troncos y otros desechos.
- Caños y alcantarillas tapadas con basura.
- Lluvia fuerte y persistente en la parte alta, media o baja del recorrido que hace el río.
- Incremento anormal en el nivel de las aguas de los ríos.
- Saturación del suelo, por acumulación del agua llovida.

<sup>7</sup> APARICIO, Francisco Javier. Fundamentos de hidrología de superficie. México: Limusa, 1992.17

- Incremento inusual del nivel del río en la desembocadura por mareas muy altas.<sup>8</sup>

1.6.2.3 Precipitaciones. “El término precipitación se usa para designar cualquier tipo de forma en que el agua cae desde las nubes a la tierra. Existe una lista hecha por meteorólogos de diez tipos de precipitación pero sólo se distinguen normalmente tres: lluvia, granizo y nieve. Las nubes al ascender se expanden y al hacerlo se enfrían alcanzando el vapor de agua el punto de rocío y la condensación. La condensación hace que la fuerza de la gravedad supere las de suspensión y el agua cae hacia el suelo originándose las diferentes precipitaciones”.<sup>9</sup>

1.6.2.4 Suelo. “Suelo se define como el agregado no cementado de granos minerales y materia orgánica descompuesta (partículas sólidas) junto con el líquido y gas que ocupan los espacios vacíos entre las partículas sólidas. se deben estudiar las propiedades del suelo tales como origen, distribución granulométrica, capacidad para drenar agua, compresibilidad, resistencia cortante, capacidad de carga, y otras más”.<sup>10</sup>

1.6.2.5 Clasificación de los suelos. El Sistema de Clasificación AASHTO actualmente en uso, se muestra en la tabla 2.4 De acuerdo con éste. El suelo se clasifica en siete grupos mayores: A-1 al A-7. Los clasificados en los grupos A-1. A-2 y A-3 son materiales granulares, donde 35% o menos de las partículas pasan por la criba No. 200. Los suelos de los que más del 35% pasan por la No. 200 son clasificados en los grupos A-4. A-5. A-6 y A-7. La mayoría están formados por materiales tipo limo y arcilla. El sistema de clasificación se basa en los siguientes criterios:

- Tamaño del grano. Grava: fracción que pasa la malla de 75 mm y es retenida en la malla No. 10 (2 mm) de Estados Unidos. Arena: fracción que pasa la malla No. 10 (2 mm) U.S. y es retenida en la malla No. 200 (0.075 mm) U.S. Limo y arcilla: fracción que pasa la malla No. 200 U.S.
- Plasticidad. El término limoso se aplica cuando las fracciones de finos del suelo tienen un índice de plasticidad de 10 o menor. El término arcilloso se aplica cuando las fracciones de finos tienen un índice de plasticidad de 11 o mayor.

<sup>8</sup> FOPAE. Inundaciones [en línea]. Bogotá: La empresa [citado 3 de febrero, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.fopae.gov.co/portal/page/portal/fopae/inundaciones/queHacer.pdf>>.

<sup>9</sup> TELEFORMACIÓN. Precipitaciones [en línea]. Bogotá: La empresa [citado 3 de febrero, 2014]. Disponible en Internet: <URL: [http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/AYC/document/atmosfera\\_y\\_clima/humedad/precipitacion.es0.htm](http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/AYC/document/atmosfera_y_clima/humedad/precipitacion.es0.htm)>.

<sup>10</sup> DAS, Braja. Fundamentos de ingeniería geotécnica. México: International Thomson Editores, 2001, p. 1.

- Si cantos rodados y boleos (tamaños mayores que 75 mm) están presentes, éstos se excluyen de la porción de la muestra de suelo que se está clasificando. Sin embargo, el porcentaje de tal material se registra.<sup>11</sup>

1.6.2.6 Sistemas de Información Geográfica. “Es un complejo sistema de almacenamiento y procesamiento de datos que tiene como fin la producción de información espacial útil en diferentes campos del conocimiento. Un SIG puede servir para la elaboración de mapas, modelos espaciales y datos estandarizados que facilitan el procesamiento de la información. La información espacial se almacena en diferentes software que procesan los datos espaciales a manera de puntos, redes, líneas, polígonos y áreas a las cuales se les otorgan valores que pueden ser geo-referenciados por el programa elegido”.<sup>12</sup>

1.6.2.7 Capa Raster. “El formato Raster se fundamenta en la división de estudio en una matriz de celdillas, generalmente cuadradas. Cada una de estas celdillas recibe un único valor que se considera representativo para toda la superficie abarcada por la misma. Este formato, por tanto, cubre la totalidad del espacio, este hecho supone una ventaja fundamental ya que pueden obtenerse valores de forma inmediata para cualquier punto del mismo”.<sup>13</sup>

1.6.2.8 Capa vectorial. “En el formato vectorial la representación de un objeto espacial se representa por su geometría y cada objeto espacial tiene integrado un conjunto de atributos. Las capas vectoriales pueden representarse por: puntos, líneas y polígonos”.<sup>14</sup>

1.6.2.9 GeoTiff. “Es un estándar de metadatos de dominio público que permite que información georreferenciada sea encajada en un archivo de imagen de formato TIFF. La información adicional incluye el tipo de proyección, sistema de coordenadas, elipsoide, datum y todo lo necesario para que la imagen pueda ser automáticamente posicionada en un sistema de referencia espacial”.<sup>15</sup>

---

<sup>11</sup> Ibíd., p. 35.

<sup>12</sup> BIBLIOTECA VIRTUAL, BIBLIOTECA LUIS ÁNGEL ARANGO. Sistemas de Información Geográfica [en línea]. Bogotá: La empresa [citado 3 de febrero, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/geografia/geo42.htm>>.

<sup>13</sup> UM. El formato Raster: fundamentos [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 1 de mayo, 2014]. Disponible en Internet: <URL: [http://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario\\_4.pdf](http://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario_4.pdf)>.

<sup>14</sup> SLIDESHARE. Capa Vectorial [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 1 de mayo, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.slideshare.net/sacra07/sig-sistemas-de-informacin-geografica>>.

<sup>15</sup> FILESUFFIX.COM. Geotiff [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 1 de mayo, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.filesuffix.com/es/extension/geotiff>>.

## **1.7 METODOLOGÍA**

1.7.1 Tipo de estudio. Es una investigación cuantitativa de aplicación de herramienta informática, se utilizaron mapas para representar datos que pudieran influenciar sobre el fenómeno de inundaciones.

1.7.2 Fuentes de información. La información necesaria para el desarrollo de este proyecto se extrae de imágenes satelitales obtenidas de la página ASTER GDEM e imágenes WFS -WMS proporcionadas por la página de infraestructura de datos espaciales (ICDE), mapas cartográficos adquiridos en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), datos de precipitaciones y estaciones de la Corporación Autónoma Regional (CAR).

## **1.8 DISEÑO METODOLÓGICO**

El procedimiento a realizar para el desarrollo del tema en el municipio de Chía, Cundinamarca es el siguiente:

- Definir el área de estudio. Es importante establecer el área en el cual se van a realizar los estudios para tener un enfoque sobre qué información se debe obtener.
- Consecución de los mapas. Encontrar y recopilar los mapas del sitio a estudiar, dicho esto se debe encontrar los siguientes planos para poder realizar una buena investigación (topográfica, geológica, hidrológica).
- Geo-referenciar y Digitalizar. Mediante la Geo-referenciación se establece la ubicación exacta del tramo a estudiar en la superficie terrestre en cada plano. Después de obtener los planos, se procede a digitalizar cada uno de estos en el sistema de información geográfica establecido (QUANTUM GIS).
- Ponderación de mapas. Analizar la importancia de cada uno de los mapas para determinar cuál de todos los factores influyen o tienen mayor importancia en los fenómenos de inundación.
- Análisis de la información. Encontrar las áreas con mayor amenaza de inundaciones y verificar la similitud de los resultados con los que se pueden generar en campo para obtener como respuesta si los SIG son de gran ayuda en estos fenómenos.

## 2. MUNICIPIO DE CHÍA

### 2.1 GENERALIDADES

El municipio de Chía se encuentra en la llamada Sabana Centro, localizada al norte del D.C, tiene clima seco. Se halla a 4.52° de latitud norte y 74.04° de longitud oeste y una altura de 2.652mts sobre el nivel del mar. La superficie del municipio es de 79.23Kms<sup>2</sup>. Su población aproximada es de 70.000 habitantes y 20.000 de población flotante de acuerdo a los datos del DANE y SISBEN.

“La temperatura mínima promedio durante el año es de 12°C y la máxima se encuentra alrededor de los 13.6°C. Durante el transcurso del año, se encuentran dos temporadas de heladas correspondientes a los meses de enero a febrero y junio a julio, donde las temperaturas bajan a menos de 0°C, afectando la producción agrícola, e incidiendo en la morbilidad de los habitantes por enfermedades de tipo respiratorio. La precipitación promedio anual en el municipio es de 744.7 mm, existen dos temporadas de invierno correspondientes a los meses de marzo-abril y octubre-diciembre”.<sup>16</sup>

Colinda por el norte con los municipios de Cajica y Sopó, por el sur con Bogotá; por el oriente con Sopó y la Calera por el occidente con Tabio y Tenjo. Administrativamente, se divide en nueve veredas: Fagua, Fusca, Fonqueta, Cerca de Piedra, Samaria, Tiquiza, Yerbabuena, La Balsa y Bojacá.

---

<sup>16</sup> CDIM y ESCUELA SUPERIOR DE ADMINISTRACIÓN PÚBLICA. Generalidades Municipio de Chía [en línea]. Bogotá: La empresa [citado 3 de febrero, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos/plandeordenamientoterritorial/municipiodechia.pdf>>.

### **3. DESARROLLO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LA DETERMINACIÓN DE AMENAZAS POR INUNDACION EL MUNICIPIO DE CHÍA**

En este capítulo se explica cómo fueron creadas las capas introducidas en el programa de código abierto y de libre acceso Quantum Gis, además de los valores que se pudieron obtener de cada una de ellas para el posterior análisis y ponderación de datos, necesarios en la determinación de las zonas de amenaza de inundaciones en Chía.

#### **3.1 GENERALIDADES DEL QUANTUM GIS**

Quantum GIS (QGIS) de acuerdo a su página oficial<sup>17</sup> es un cliente SIG de escritorio de código abierto donde se puede visualizar, administrar, editar, analizar datos y componer mapas. Incluye una potente funcionalidad de análisis mediante la integración con GRASS. Funciona en Linux, Unix, Mac OSX y Windows, soporta numerosas funcionalidades y formatos vectoriales, raster y bases de datos.

Entre las características principales de Quantum Gis se encuentran:

- Soporte a datos vectoriales y raster
- Soporte a tablas de datos no espaciales
- Herramientas para la digitalización de información.
- Herramientas impresión de mapas.
- Soporte a WMS y WFS
- Edición de datos
- Proyección de datos al vuelo.
- Etiquetado de elementos.

#### **3.2 COORDENADAS GEO- REFERENCIADAS**

El primer paso para subir las capas Raster y vectoriales al QGIS, es determinar el sistema de coordenadas del proyecto. Para este caso se trabajó con un sistema de coordenadas proyectadas Universal Transverse Mercator (UTM) Bogotá 1975 21897. Según lo ya mencionado, se geo-referenció una parte de la cartografía de Cundinamarca abarcando el municipio de Chía. Esta cartografía se obtuvo en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

---

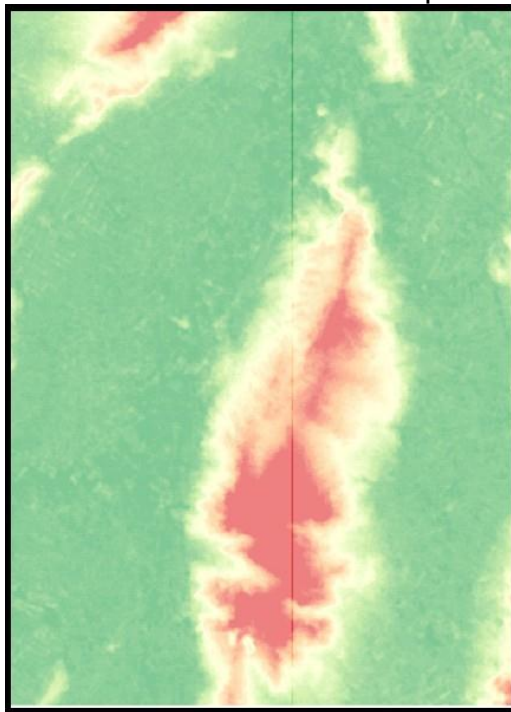
<sup>17</sup> QGIS. QGIS: un Sistema de Información Geográfica libre y de código abierto [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 1 de mayo, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.qgis.org/es/site/>>.

### 3.3 MAPA DE ELEVACIÓN Y CURVAS DE NIVEL

#### 3.3.1 Elaboración.

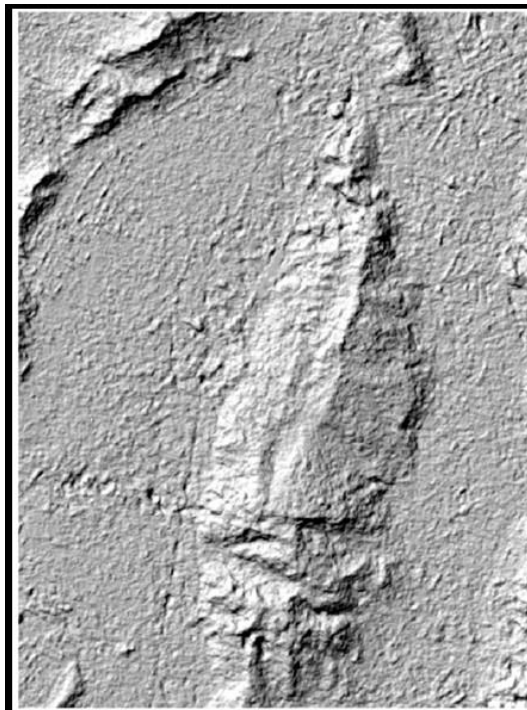
- Se ingresó a la página ASTER GDEM, se buscó la imagen requerida para el Municipio de Chía y se descargaron las imágenes correspondientes. ASTER GDEM es un mapa Topográfico que capta imágenes satelitales en formato Geo TIFF
- Esta capa raster, inicialmente está representada en escala de grises, para proporcionar un mayor impacto visual se opta por cambiar los colores en escala de grises por la opción de Unibanda de Pseudocolor en la tabla de propiedades de la Capa.
- El código de colores cuenta con un valor mínimo y máximo, de esta forma se decide ingresar los valores pertinentes para delimitar el rango al que va dirigido cada color.
- Finalmente con el fin de dar un mejor aspecto a los relieves representados se creó un mapa de sombreado digital en la opción Raster/ Análisis / Modelos Digitales del Terreno / Modo Mapa de Sombras, esta capa se ubica debajo del mapa de elevaciones por lo que se asigna un grado de transparencia a este último. El Mapa de Sombras indica la posición de la luz.

Figura 2. Capa Raster en escala de color unibanda pseudocolor.



Fuente: Autoras.

Figura 3. Mapa de sombras.



Fuente: Autoras.

Figura 4. Mapa de elevación



Fuente: Autoras.



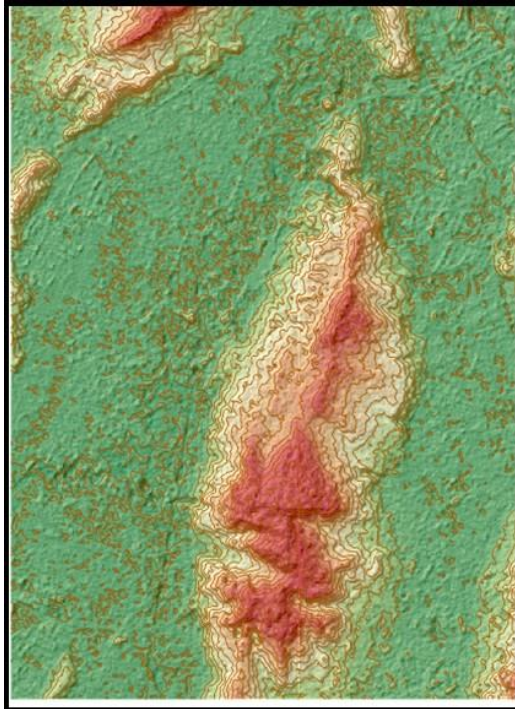
Al seleccionar la capa del Mapa de elevación e ingresar en la herramienta de Ráster / Extracción / Curvas de nivel, el programa genera una nueva Capa con las respectivas curvas, como se muestra en la Figura 5. Esta nueva capase sobrepuso al Mapa de elevación para tener visualmente una mejor guía sobre la topografía (Figura 6).

Figura 5. Curvas de nivel.



Fuente: Autoras.

Figura 6. Curvas de nivel y mapa de elevación.



Fuente: Autoras.

3.3.2 Información que proporciona. Un Modelo de Elevación Digital DEM (Digital Elevation Model) es un archivo RASTER, es decir, está compuesto de píxeles, como las fotografías, que pueden ser de diferente tamaño, de tal manera que cada uno de los píxeles almacena un número que representa el valor de la altitud promedio del área representada por ese píxel. Cada píxel tiene el valor de la elevación, y este rango de valores es coloreado según la rampa de colores determinada.

La escala de colores para el Mapa de Elevación creado, está dada de la siguiente manera:

Figura 7. Convención de Colores Mapa de Elevación

Valor	Color	Etiqueta
2540.860000	Verde oscuro	2540.860000
2663.260000	Verde claro	2663.260000
2785.660000	Amarillo	2785.660000
2908.060000	Naranja	2908.060000
3030.460000	Rojo	3030.460000

Fuente: Autoras.

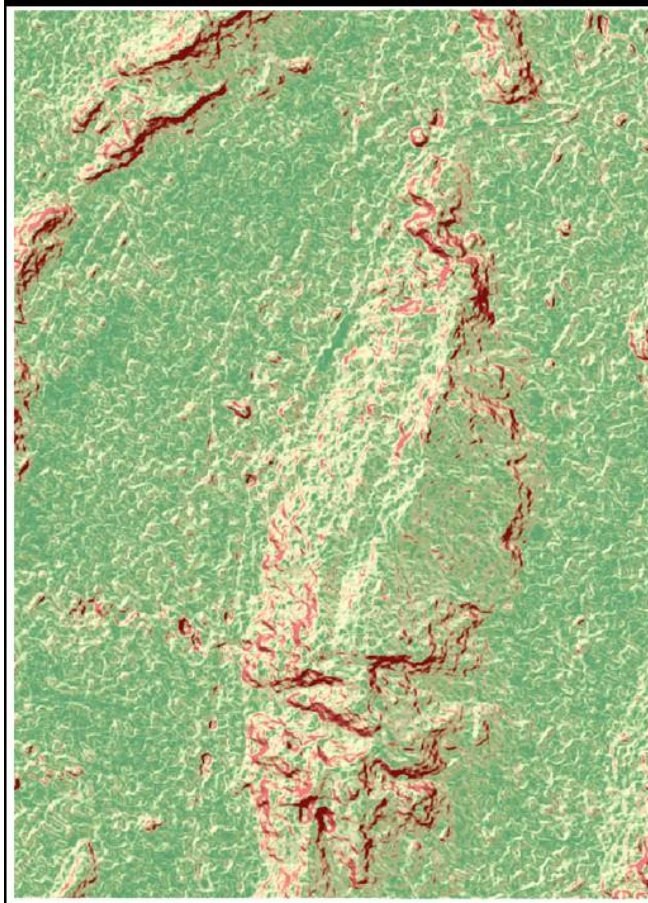
De acuerdo a la escala de colores, el rango de elevación en Chía tiene un valor mínimo de 2540,860 m y un valor máximo de 3 3030,460 m, siendo la diferencia de elevación de 489,6m, valor no muy alto.

### 3.4 MAPA DE PENDIENTE

#### 3.4.1 Elaboración.

- A partir de la misma imagen satelital ASTER GEM se hace el mapa de pendientes en la opción Raster/ Análisis / Modelos Digitales del Terreno / Modo pendientes.
- Se creó nuevamente un mapa de sombras utilizando el mismo procedimiento de la capa anterior.

Figura 8. Mapa de Pendiente



Fuente: Autoras.

3.4.2 Información que proporciona. El mapa de pendiente sirve para mostrar la inclinación del área.

Al igual que el mapa de elevación, el mapa de pendiente cuenta con un código de color, esta convención de colores se representa en la Figura 9.

Figura 9. Escala de Colores Mapa de Pendientes

Valor	Color	Etiqueta
1.494060		1.494060
9.818120		9.818120
18.142200		18.142180
26.466200		26.466240
34.790300		34.790300

Fuente: Autoras.

El color verde representa las zonas cuya pendiente oscila entre 1,49% y 9,82%, mientras que el color rojo señala las pendientes al rededor del 26,47% y el 34,79%.

Como se puede observar en el mapa de pendientes las partes de color rojo son bastante bajas en comparación a las zonas de color verde, lo que indica que el terreno es bastante plano.

Analizando las capas de Elevación y Pendiente se puede observar que el municipio de Chía es un terreno con poca inclinación lo que puede dificultar la escorrentía y de este modo la evacuación del agua, convirtiéndose en una de las causas por las que se presentan inundaciones en el municipio.

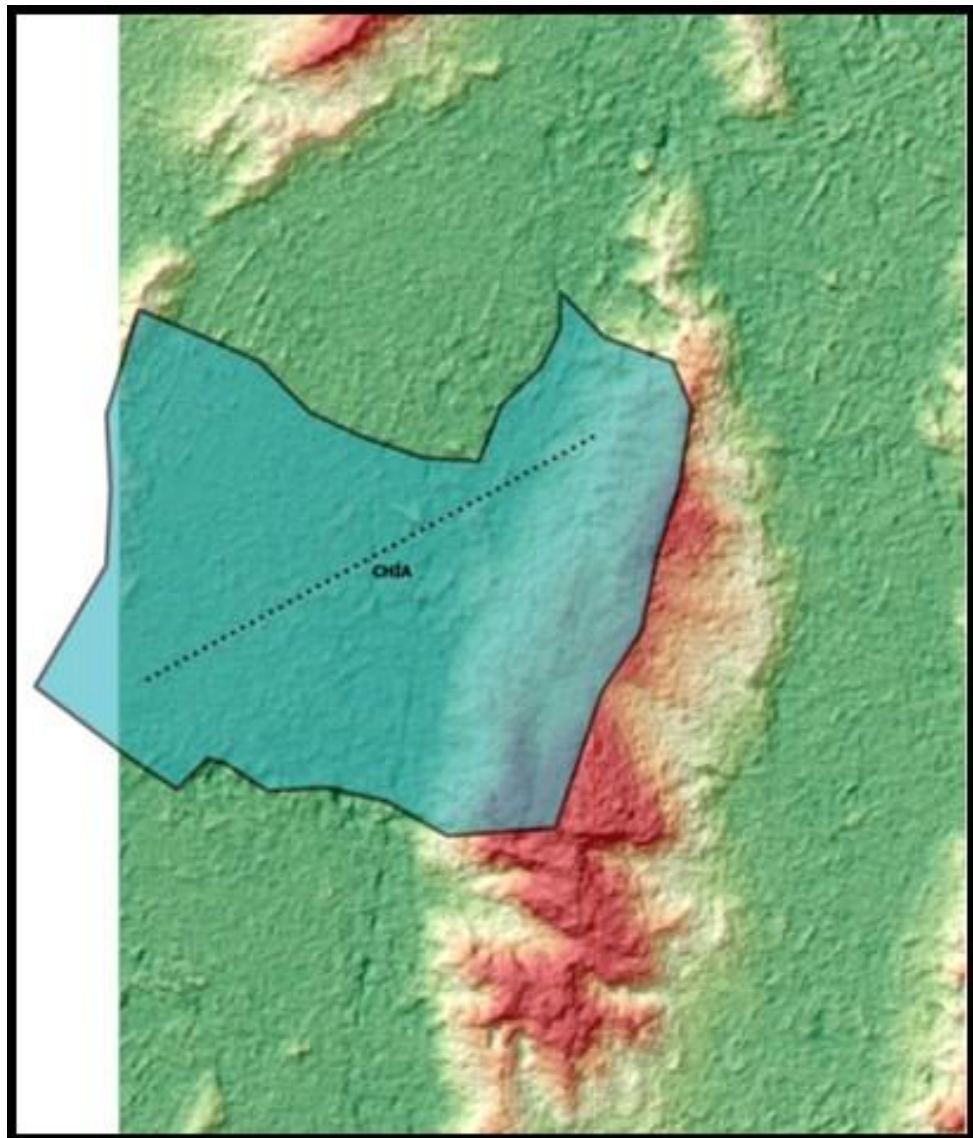
Para determinar las zonas de amenaza de inundación se tuvo que ponderar aquellas capas que se consideraron influyentes en este fenómeno, por lo que siguiendo la idea antepuesta, se decidió dar un valor de 25% a la capa de Elevación y de 75% a la capa de Pendientes.

### 3.5 MAPA DE PERFIL

#### 3.5.1 Elaboración.

- Para crear el mapa de perfil se ubica la herramienta de complementos y se busca la opción de plot terrains profile.
  - El complemento plot terrains profile solicita escoger la capa Raster base para hacer el perfil, por lo que se selecciona el Raster del Mapa de Elevación.
  - Después de seleccionar el Raster se trazó una línea a través del área del municipio, de esta forma se genera el mapa del perfil de la zona escogida.
- Figura 10. Capa de perfil.

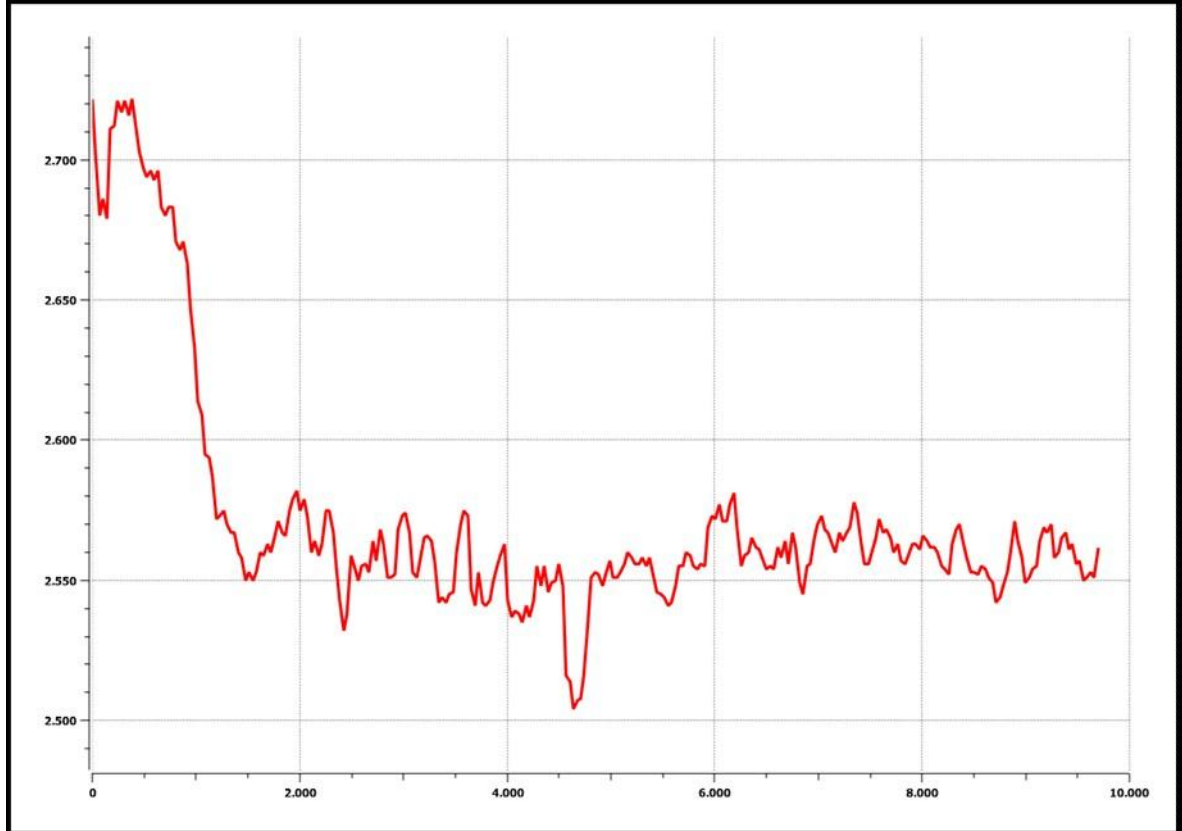




Fuente: Autoras.

3.5.2 Información que proporciona. El perfil es la forma gráfica de representar las diferencias de elevación y la distancia entre ellas, siendo el perfil otra forma para determinar el porcentaje de pendiente.

Figura 11. Perfil.



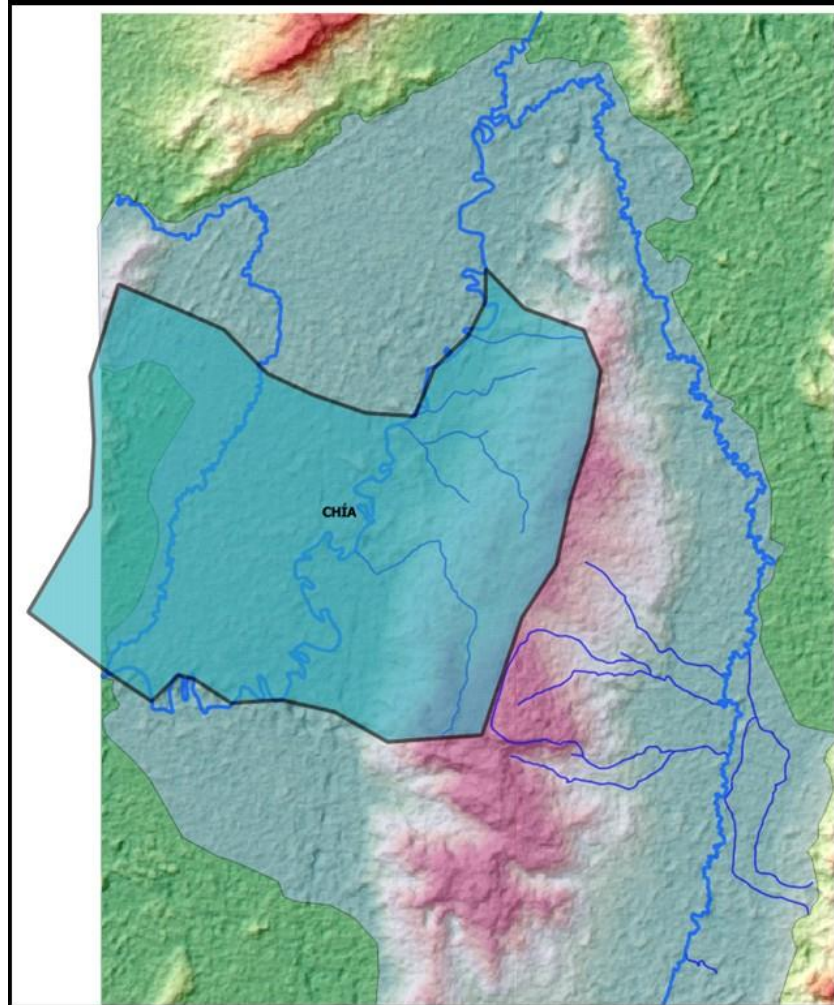
Fuente: Autoras.

### 3.6 MAPA HIDROLÓGICO

#### 3.6.1 Elaboración.

- Con base a la cartografía ya geo-referenciada adquirida en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi del Municipio de Chía, se creó una capa vectorial de líneas para trazar los ríos y otra para sus respectivos afluentes.
- Ya delineados los ríos y quebradas se sube una capa vectorial de polígono, con el cual se dibuja la cuenca siguiendo las curvas de nivel y afluentes.

Figura 12. Mapa hidrológico.



Fuente: Autoras.

3.6.2 Información que proporciona. Un mapa hidrológico ofrece un panorama extensivo de la información que sintetiza, la cual puede ser muy valiosa en la toma de decisiones para el aprovechamiento, conservación, protección y, en general, la gestión integrada de los recursos hídricos.

Chía cuenta con una hidrología considerable, pues limita con tres ríos importantes como lo son el Río Bogotá, el Río Frío y el Río Teusacá, además de numerosas quebradas como se indica en el mapa hidrológico.

### **3.7 MAPA DE ISOYETAS**

3.7.1 Elaboración. A partir de los datos de precipitaciones de las estaciones hidrometeorológicas aledañas a la cuenca delimitada se diseñó el mapa de Isoyeta.

A continuación se muestran las precipitaciones mensuales de las tres estaciones que fueron seleccionadas, su ubicación (Coordenadas Norte- Este), su elevación. Los datos fueron tomados de la página de la CAR<sup>18</sup>.

Con las precipitaciones mensuales de las estaciones se procedió a determinar la precipitación promedio anual de cada una de ellas.

- **Estación Número 1.**

---

<sup>18</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL CAR. Precipitaciones mensuales (mm) xls [en línea]. Bogotá: La empresa [citado 2 de mayo, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.car.gov.co>>.



Tabla 1. Estación Alco.

ESTACIÓN : 2120159 ALCO							
<b>Latitud</b>	0454 N	X=N=1041700	Departamento	CUNDINAMARCA	Corriente	R. BOGOTÁ	
<b>Longitud</b>	7400 W	Y=E=1008000	Municipio	CAJICA	Cuenca	R. BOGOTÁ	
<b>Elevación</b>	2590 m.s.n.m		Oficina Provincial	9 SABANA CENTRO			

AÑO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.
1980	29,4	42,2	59,3	72,4	74,1	31,1	18,9	40,1	9,4	14,8	43,5	66,3
1981	29,4	42,2	59,3	72,4	74,1	43,6	37,2	83,7	64,3	79,7	144,1	61,2
1982	27,0	50,7	63,4	182,2	96,4	25,6	23,2	27,8	36,4	115,9	77,8	34,9
1983	47,0	70,7	58,1	55,0	80,5	25,4	36,3	33,5	32,3	49,2	35,7	103,6
1984	23,1	48,1	30,6	86,7	21,1	33,0	31,2	61,5	108,7	72,4	102,0	42,5
1985	30,0	5,6	15,4	49,0	103,5	34,8	43,3	32,5	112,8	119,7	89,7	79,9
1986	21,4	76,4	62,2	60,9	70,8	65,0	40,7	23,4	67,4	189,1	154,0	12,6
1987	2,9	31,5	64,3	48,3	92,6	29,0	65,6	26,1	77,8	127,2	39,4	60,9
1988	17,4	72,0	19,9	142,6	35,0	88,9	59,2	80,0	102,8	122,5	145,0	47,7
1989	10,4	43,7	137,1	19,7	143,7	29,3	61,8	15,4	48,9	30,7	54,8	36,5
1990	16,5	72,0	18,9	15,1	11,8	17,3	27,3	20,9	13,1	140,9	27,1	44,8
1991	16,1	10,1	85,2	17,1	56,1	29,8	59,7	18,6	0,0	20,9	176,1	61,7
1992	13,6	47,9	80,2	89,5	8,5	12,3	41,3	23,2	49,8	24,7	105,0	33,4
1993	35,9	82,1	37,5	25,2	101,3	37,1	48,8	24,3	28,7	41,4	68,2	1,4
1994	67,4	85,9	59,3	39,6	23,7	24,4	37,1	38,4	11,4	6,0	6,7	4,5
1995	5,3	12,2	95,1	86,6	70,6	58,6	58,4	117,2	39,0	57,1	57,2	54,4
1996	32,1	57,0	76,9	27,2	24,5	9,8	9,2	23,0	8,8	1,1	0,0	41,7
1997	69,0	7,4	19,3	43,5	42,1	81,7	20,1	14,3	3,3	30,2	103,5	2,1
1998	32,3	14,0	45,5	101,0	211,4	50,7	68,6	40,9	87,6	122,8	66,0	46,0

<b>AÑO</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Sept.</b>	<b>Octubre</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>
<b>1999</b>	80,0	62,7	110,4	65,8	62,2	80,4	15,6	86,6	91,1	149,4	65,0	75,0
<b>2000</b>	47,8	0,0	110,1	70,8	60,4	71,5	69,0	50,0	136,3	49,8	45,4	23,6
<b>2001</b>	31,9	57,0	109,0	9,7	76,0	25,7	47,3	36,1	79,1	43,8	68,2	52,3
<b>2002</b>	7,4	24,5	64,8	14,9	121,1	53,8	36,7	32,3	41,7	64,7	32,8	47,8
<b>2003</b>	6,8	20,6	6,2	54,4	30,2	42,0	3,5	28,0	5,0	10,6	6,9	13,1
<b>2004</b>	29,4	42,2	59,3	72,4	74,1	42,0	38,9	40,8	47,3	70,6	71,7	41,7
<b>2005</b>	29,4	42,2	59,3	72,4	74,1	42,0	38,9	40,8	47,3	70,6	71,7	0,0
<b>2006</b>	83,1	29,6	112,8	141,1	126,7	78,4	68,2	40,5	5,9	4,4	66,0	0,0
<b>2007</b>	0,0	0,0	0,0	72,4	17,8	61,5	10,8	68,5	26,6	164,5	81,3	48,3
<b>2008</b>	44,0	55,7	56,9	56,8	121,0	55,4	6,6	53,5	85,4	56,3	127,2	96,3
<b>2009</b>	29,0	29,9	32,6	47,1	16,0	45,1	32,6	25,3	39,4	83,8	51,4	13,0
<b>2010</b>	12,4	14,1	15,1	174,6	100,5	41,0	60,8	80,3	47,1	122,0	71,7	41,7
<b>2011</b>	29,4	42,2	92,9	239,9	139,1	28,3	38,1	7,2	1,4	2,4	37,9	44,6
<b>2012</b>	33,5	26,3	36,1	50,6	26,8	19,0	49,2	26,5	4,5	70,6	71,7	41,7
<b>2013</b>	10,4	115,7	63,9	85,5	132,2	15,2	17,1	26,8	47,3	70,6	71,7	41,7

Fuente: Corporación Autónoma Regional CAR

- Estación 2.**

Tabla 2. Estación Santa Teresa.

<b>ESTACIÓN : 2120103 SANTA TERESA</b>						
<b>Latitud</b>	0445 N	X=N=1017300	Departamento	CUNDINAMARCA	Corriente	R. TEUSACÁ
<b>Longitud</b>	7356 W	Y=E=1017200	Municipio	LA CALERA	Cuenca	R. TEUSACÁ
<b>Elevación</b>	3080 m.s.n.m		Oficina Provincial	1 BOGOTÁ - LA CALERA		

<b>AÑO</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Sept.</b>	<b>Octubre</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>
<b>1980</b>	34,2	47,1	74,4	95,2	107,2	39,4	59,2	61,3	56,3	45,7	33,1	57,7
<b>1981</b>	16,5	35,5	127,5	60,2	107,2	26,3	52,4	30,1	75,4	108,3	66,3	31,3
<b>1982</b>	39,0	39,2	92,2	190,8	44,6	17,4	73,9	73,8	44,0	92,2	63,9	33,5
<b>1983</b>	7,2	57,5	71,7	133,1	41,6	46,0	111,8	78,1	54,5	81,1	27,9	15,1
<b>1984</b>	12,8	22,3	1,0	0,6	3,6	0,9	35,8	56,5	114,1	51,8	132,4	2,8
<b>1985</b>	29,4	5,9	24,3	30,4	23,1	52,3	7,0	85,5	75,4	108,3	95,3	48,0
<b>1986</b>	34,2	47,1	74,4	95,2	107,2	124,4	135,1	59,9	49,5	117,6	55,6	17,6
<b>1987</b>	30,9	35,6	27,0	68,7	105,7	73,5	133,9	93,8	79,7	126,8	53,0	41,3
<b>1988</b>	6,0	25,4	64,7	76,5	82,0	84,6	122,5	98,6	90,1	297,6	140,1	74,4
<b>1989</b>	20,6	44,4	151,9	26,3	126,0	99,2	70,5	69,2	152,8	123,3	134,5	69,9
<b>1990</b>	34,2	47,1	74,4	95,2	107,2	94,5	98,3	85,5	75,4	108,3	95,3	48,0
<b>1991</b>	123,0	40,0	113,8	125,5	161,6	187,8	206,9	352,5	264,6	161,7	262,1	51,4
<b>1992</b>	29,6	25,6	25,8	53,7	66,6	61,1	133,2	83,2	49,9	54,3	153,7	43,1
<b>1993</b>	45,9	38,6	63,1	73,1	201,8	77,7	138,6	32,7	25,4	41,6	70,5	2,5
<b>1994</b>	46,3	93,9	74,4	68,5	130,8	104,5	139,9	144,6	62,2	153,4	76,4	31,9
<b>1995</b>	19,7	21,6	37,6	119,6	92,6	130,9	56,1	138,7	45,1	86,1	53,2	111,6
<b>1996</b>	61,5	89,8	122,6	74,1	162,1	95,5	139,7	76,8	52,9	83,9	97,8	61,0
<b>1997</b>	59,1	37,8	27,8	39,0	85,6	49,4	96,6	76,0	31,1	57,1	42,0	18,7
<b>1998</b>	0,0	49,5	29,2	39,8	177,0	115,0	74,9	7,8	44,8	65,2	46,8	107,2
<b>1999</b>	35,8	27,5	51,5	84,6	0,8	73,1	75,7	82,1	89,5	129,8	91,7	72,4
<b>2000</b>	107,8	84,1	62,0	38,3	124,1	88,4	96,6	94,5	111,2	71,6	86,8	83,4
<b>2001</b>	0,0	69,5	83,4	51,0	98,8	119,1	18,7	58,4	82,7	111,6	81,2	46,9
<b>2002</b>	25,7	13,8	61,4	111,8	151,6	164,1	67,5	79,8	56,8	26,2	57,2	33,2
<b>2003</b>	3,8	34,9	81,1	121,0	94,8	94,5	49,7	60,7	72,4	95,0	85,0	39,0
<b>2004</b>	30,2	67,3	92,1	92,7	144,3	203,3	151,5	116,2	72,0	137,3	95,3	48,0

AÑO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.
2005	34,2	21,2	31,0	138,2	149,1	71,9	87,7	80,0	100,6	155,8	134,8	24,5
2006	58,1	42,3	130,3	83,4	125,2	170,2	100,9	12,5	72,3	144,6	124,1	63,3
2007	0,0	89,4	164,4	164,0	115,3	194,9	73,8	152,0	72,6	175,5	86,6	56,1
2008	36,3	17,8	86,8	59,3	121,2	125,6	163,9	125,1	79,3	100,1	126,6	66,6
2009	68,5	73,7	95,3	72,0	83,6	108,4	96,5	75,8	39,4	87,4	46,9	2,4
2010	4,0	20,1	34,6	170,6	141,7	104,5	161,0	75,3	75,2	105,2	161,6	62,4
2011	45,7	124,3	135,6	250,7	150,6	74,7	82,3	36,2	65,0	176,7	208,5	73,7
2012	59,4	51,7	99,1	227,8	67,1	81,3	130,3	69,7	56,1	92,8	57,8	45,1
2013	4,2	59,1	42,3	105,2	142,5	57,6	98,3	85,5	75,4	108,3	95,3	48,0

Fuente: Corporación Autónoma Regional CAR

- Estación 3.

Tabla 3. Estación Santa Isabel.

ESTACIÓN : 2120176 SANTA ISABEL							
Latitud	0459 N	X=N=1044050	Departamento	CUNDINAMARCA		Corriente	R. FRÍO
Longitud	7404 W	Y=E=1001070	Municipio	TABIO		Cuenca	R. FRÍO
Elevación	2680 m.s.n.m		Oficina Provincial	9 SABANA CENTRO			

AÑO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.
1980	0,0	20,0	0,0	20,0	149,0	105,0	15,4	95,0	16,0	93,0	54,0	56,0
1981	0,0	0,0	18,0	254,0	216,0	90,0	73,0	90,0	21,0	215,0	53,8	36,4
1982	14,9	20,7	32,6	62,5	57,7	35,6	47,3	33,9	110,3	89,5	72,5	49,0
1983	47,0	85,0	68,6	40,0	56,0	71,1	16,0	12,0	78,0	87,0	10,0	7,0
1984	14,9	20,7	32,6	62,5	57,7	35,6	47,3	33,9	110,3	89,5	72,5	49,0
1985	14,9	20,7	32,6	62,5	57,7	35,6	47,3	33,9	110,3	89,5	72,5	49,0

<b>AÑO</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Sept.</b>	<b>Octubre</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>
<b>1986</b>	47,0	85,0	68,6	40,0	56,0	71,1	16,0	12,0	78,0	87,0	10,0	7,0
<b>1987</b>	14,9	20,7	32,6	62,5	57,7	35,6	47,3	33,9	110,3	89,5	72,5	49,0
<b>1988</b>	23,0	0,0	0,5	11,0	12,0	20,5	10,3	30,3	14,4	68,0	43,0	219,0
<b>1989</b>	14,9	20,7	32,6	62,5	57,7	35,6	28,7	33,6	29,2	70,5	53,8	36,4
<b>1990</b>	18,0	14,0	21,0	109,0	138,0	67,0	12,0	12,0	40,0	356,0	268,0	77,0
<b>1991</b>	9,0	35,0	40,0	21,0	58,0	50,0	29,0	36,0	28,0	20,0	24,0	36,4
<b>1992</b>	9,0	12,0	9,0	5,0	10,0	10,0	14,0	18,0	31,0	1,0	67,0	7,8
<b>1993</b>	18,3	4,0	0,0	51,5	59,2	7,0	3,0	25,6	39,9	19,3	53,8	36,4
<b>1994</b>	10,1	23,2	44,2	22,1	28,9	9,7	28,3	15,5	19,0	25,0	18,0	2,6
<b>1995</b>	1,1	8,5	47,1	58,3	77,1	25,3	19,0	36,7	15,9	27,7	51,9	50,1
<b>1996</b>	17,0	36,7	55,1	23,4	34,4	32,0	59,6	15,3	9,1	44,7	11,4	45,4
<b>1997</b>	24,6	4,5	12,1	25,0	8,1	22,7	21,1	2,3	6,5	8,7	26,2	0,0
<b>1998</b>	7,4	12,2	10,4	38,7	36,7	9,8	15,0	12,0	9,6	189,3	28,9	8,9
<b>1999</b>	13,2	36,5	60,2	112,3	12,2	13,9	27,6	16,3	38,6	64,9	75,2	46,4
<b>2000</b>	4,8	4,9	13,7	9,2	9,8	8,4	9,1	3,5	18,5	9,2	6,6	3,2
<b>2001</b>	3,8	0,6	23,5	4,5	14,5	3,9	1,9	10,8	21,9	10,8	3,9	5,1
<b>2002</b>	0,2	0,3	52,2	19,1	1,8	12,0	8,4	4,9	5,2	16,6	5,7	3,4
<b>2003</b>	4,4	3,2	23,2	18,7	4,5	8,4	7,8	11,9	13,7	3,1	10,2	6,9
<b>2004</b>	3,7	10,5	7,6	45,0	26,2	14,0	9,8	8,3	25,5	45,9	28,5	5,5
<b>2005</b>	1,9	26,0	8,4	56,1	29,9	34,1	7,7	14,7	17,7	67,9	26,8	8,5
<b>2006</b>	13,3	3,6	20,3	56,0	100,8	38,5	28,7	8,0	3,0	54,4	50,0	8,6
<b>2007</b>	13,1	20,7	32,6	96,6	37,7	28,7	7,4	39,9	24,0	65,0	24,2	37,8
<b>2008</b>	26,2	43,7	77,1	71,6	98,5	62,9	55,5	78,5	43,3	58,8	64,9	36,4
<b>2009</b>	31,6	31,7	44,5	30,1	13,7	34,9	28,0	15,2	22,3	56,2	20,6	10,3
<b>2010</b>	17,0	4,0	13,0	132,5	80,0	82,9	112,0	93,7	33,2	124,1	169,0	76,0

AÑO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Nov.	Dic.
<b>2011</b>	44,7	60,4	99,1	136,2	107,5	42,0	30,0	62,0	64,0	84,0	229,0	111,0
<b>2012</b>	19,0	36,0	53,0	144,0	80,0	79,0	116,0	76,6	35,1	68,7	10,3	27,5
<b>2013</b>	35,5	43,0	58,4	140,4	115,9	14,2	19,3	96,2	43,5	70,5	53,8	36,4

Fuente: Corporación Autónoma Regional CAR

Nota: Se debe tener en cuenta que las tablas anteriores fueron completadas con el promedio de las precipitaciones del mes para aquellas casillas que no tenían valor. Estos datos se encuentran de color rojo.

- **Promedio de precipitaciones estación Alco.**

Tabla 4. Precipitación anual estación Alco

<b>Año</b>	<b>(mm)</b>	<b>Año</b>	<b>(mm)</b>
<b>1980</b>	501.6	<b>1997</b>	436.5
<b>1981</b>	791.3	<b>1998</b>	886.8
<b>1982</b>	761.3	<b>1999</b>	944.2
<b>1983</b>	627.3	<b>2000</b>	734.7
<b>1984</b>	660.9	<b>2001</b>	636.1
<b>1985</b>	716.2	<b>2002</b>	542.5
<b>1986</b>	843.9	<b>2003</b>	227.3
<b>1987</b>	665.6	<b>2004</b>	630.4
<b>1988</b>	933.0	<b>2005</b>	588.7
<b>1989</b>	632.0	<b>2006</b>	756.7
<b>1990</b>	425.7	<b>2007</b>	551.7
<b>1991</b>	551.4	<b>2008</b>	815.1
<b>1992</b>	529.4	<b>2009</b>	445.2
<b>1993</b>	531.9	<b>2010</b>	781.2
<b>1994</b>	404.4	<b>2011</b>	703.4
<b>1995</b>	711.7	<b>2012</b>	456.4
<b>1996</b>	311.3	<b>2013</b>	698.0
<b>Prom. Estación (mm)</b>		<b>630.4</b>	

Fuente: Los Autores

- **Promedio de precipitaciones estación Santa Teresa.**

Tabla 5. Precipitación Anual estación Santa Teresa.

<b>Año</b>	<b>(mm)</b>	<b>Año</b>	<b>(mm)</b>
<b>1980</b>	710.73	<b>1997</b>	620.20
<b>1981</b>	736.98	<b>1998</b>	757.20
<b>1982</b>	804.50	<b>1999</b>	814.50
<b>1983</b>	725.60	<b>2000</b>	1048.80
<b>1984</b>	434.60	<b>2001</b>	821.30
<b>1985</b>	584.92	<b>2002</b>	849.10
<b>1986</b>	917.73	<b>2003</b>	831.87
<b>1987</b>	869.90	<b>2004</b>	1250.17
<b>1988</b>	1162.50	<b>2005</b>	1029.03
<b>1989</b>	1088.60	<b>2006</b>	1127.20
<b>1990</b>	963.28	<b>2007</b>	1344.60

<b>Año</b>	<b>(mm)</b>	<b>Año</b>	<b>(mm)</b>
<b>1991</b>	2050.90	<b>2008</b>	1108.60
<b>1992</b>	779.80	<b>2009</b>	849.90
<b>1993</b>	811.50	<b>2010</b>	1116.20
<b>1994</b>	1126.77	<b>2011</b>	1424.00
<b>1995</b>	912.80	<b>2012</b>	1038.20
<b>1996</b>	1117.70	<b>2013</b>	921.67
<b>Prom Estación (mm)</b>		<b>963.28</b>	

Fuente: Los Autores

- **Promedio de precipitaciones estación Santa Isabel**

Tabla 6. Precipitación Anual estación Santa Isabel.

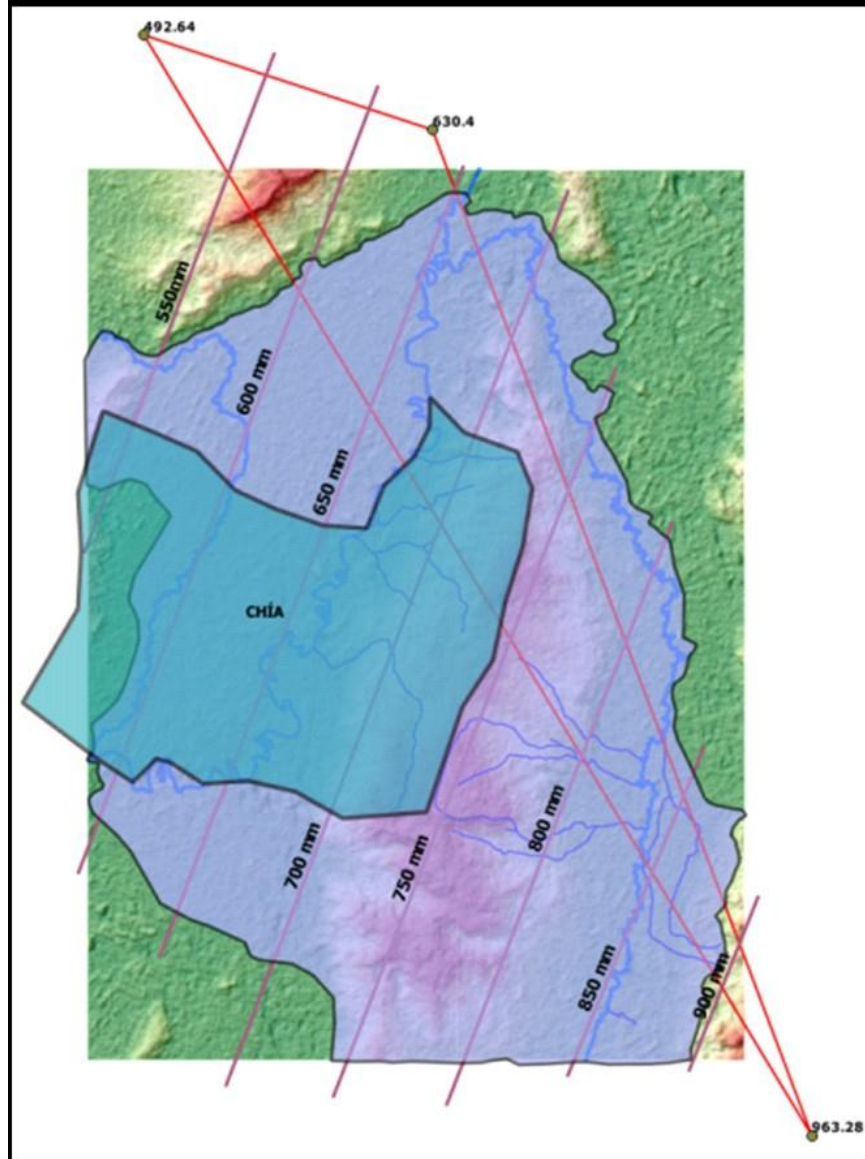
<b>Año</b>	<b>(mm)</b>	<b>Año</b>	<b>(mm)</b>
<b>1980</b>	623.40	<b>1997</b>	161.80
<b>1981</b>	1067.21	<b>1998</b>	378.90
<b>1982</b>	626.63	<b>1999</b>	517.30
<b>1983</b>	577.70	<b>2000</b>	100.90
<b>1984</b>	626.63	<b>2001</b>	105.20
<b>1985</b>	626.63	<b>2002</b>	129.80
<b>1986</b>	577.70	<b>2003</b>	116.00
<b>1987</b>	626.63	<b>2004</b>	230.50
<b>1988</b>	452.00	<b>2005</b>	299.70
<b>1989</b>	476.40	<b>2006</b>	385.20
<b>1990</b>	1132.00	<b>2007</b>	427.72
<b>1991</b>	386.38	<b>2008</b>	717.38
<b>1992</b>	193.80	<b>2009</b>	339.10
<b>1993</b>	318.01	<b>2010</b>	937.40
<b>1994</b>	246.60	<b>2011</b>	1069.90
<b>1995</b>	418.70	<b>2012</b>	745.20
<b>1996</b>	384.10	<b>2013</b>	727.11
<b>Prom Estación (mm)</b>		<b>492.64</b>	

Fuente: Los Autores

Según sus coordenadas se ubican en el QGIS con un vector de puntos las estaciones y luego se unen entre sí. Las Isoyetas se trazan con una capa vectorial de líneas a una diferencia de 50 mm de precipitación a la distancia correspondiente (Figura 13).



Figura 13. Mapa de Isoyetas.



Fuente: Autoras.

3.7.2 Información que proporciona. Con ayuda de la herramienta *Medir Área* del QGIS, se determina la superficie que existe entre cada par de Isoyeta y la cuenca. En la Tabla 7 se expresa el valor promedio entre Isoyetas, el área establecida y el resultado de la multiplicación entre estas dos columnas, datos necesarios para calcular la precipitación Promedio Anual del área.

Tabla 7. Datos para el cálculo de la precipitación anual.

ISOYETAS		PROMEDIO ENTRE ISOYETAS (mm)	AREAS [(Km) <sup>2</sup> ]	PROM.*AREA
500	550	525	3,969	2083,725
550	600	575	18,716	10761,7
600	650	625	42,772	26732,5
650	700	675	49,395	33341,625
700	750	725	46,947	34036,575
750	800	775	39,668	30742,7
800	850	825	27,723	22871,475
850	900	875	14,12	12355
		$\Sigma$	243,31	172925,3

Fuente: Las Autoras.

La precipitación promedio anual por método de Isoyetas se calcula con la Ecuación 1.

Ecuación 1. Precipitación Anual.

$$Precipitación\ Anual\ (mm) = \frac{\Sigma Prom * Area\ (mm * Km^2)}{\Sigma Areas\ [(Km)^2]}$$

Siguiendo los valores de la Tabla 7 y reemplazando en la ecuación 1, se calculó que la Precipitación Anual en mm para la zona de estudio es de 710,72 mm anuales. Este valor es bastante alto, por lo que se trata de un punto importante en análisis de las Inundaciones. Pues es evidente que la cantidad de agua puede ser una de las razones del fenómeno.

### 3.8 CAPA DE BOSQUE (CAPA WFS)

#### 3.8.1 Elaboración.

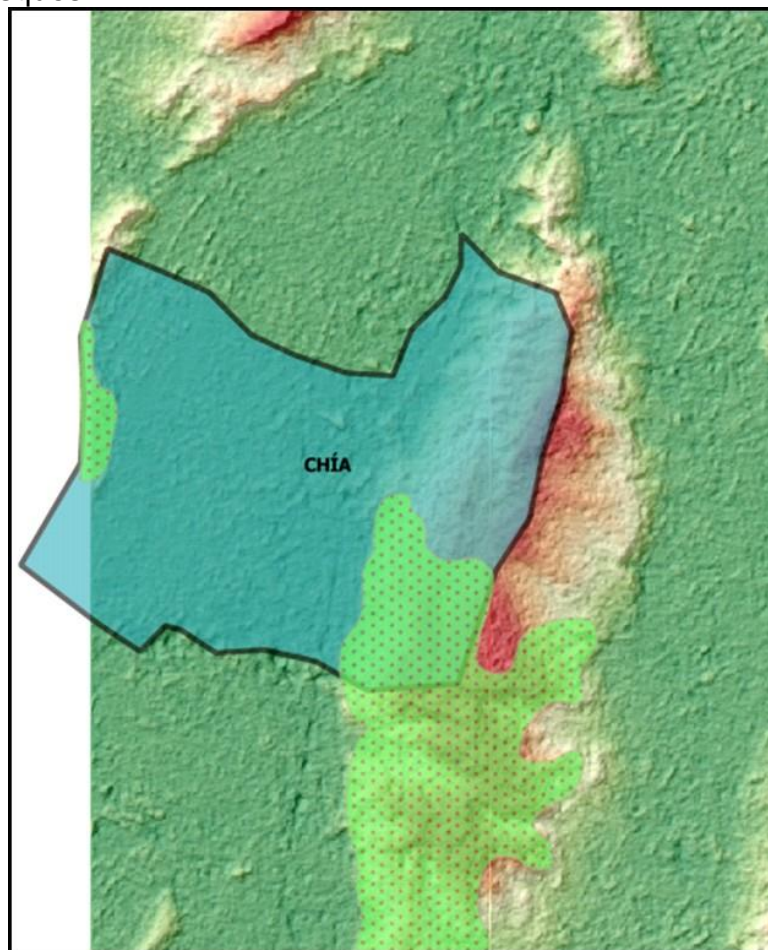
- Se ingresó a la página de la Infraestructura Colombiana de Datos Especiales (ICDE).
- Una vez allí se ubicó el listado de Servicios Web Geográficos y se ubicaron los archivos WFS. Los WFS son capas Raster que permiten el cambio de sus propiedades y posterior guardado.

- Se copió el link de los Archivos WFS de la cartografía de Colombia 1:500000, en el QGIS en la opción de añadir capa WFS, se asignó el nombre del servicio y se pegó el link anterior, al dar clic en consultar se despliega una ventana donde se listan los datos que se pueden consumir desde allí.
- En la lista de servicios se escogió la capa de bosques. La capa Raster de Bosque que proporciona este servicio es de toda Colombia. Al dar *Conmutar Edición*, se seleccionaron los polígonos innecesarios y se dejaron aquellos que representaban bosques del área objeto de estudio.

3.8.2 Información que proporciona. Si se selecciona la opción de Quantum Gis Identificar Objeto espacial y dar clic sobre el polígono del bosque, se abre una ventana donde se indica el área y las coordenadas de la extensión.

Puesto que las áreas de bosque son bastantes pequeñas en Chía como se observa el Figura 14, a esta capa no se le asigno ningún porcentaje.

Figura 14. Bosques.



Fuente: Autoras.

### **3.9 ZONAS DE INUNDACIONES (CAPA WMS)**

#### **3.9.1 Elaboración.**

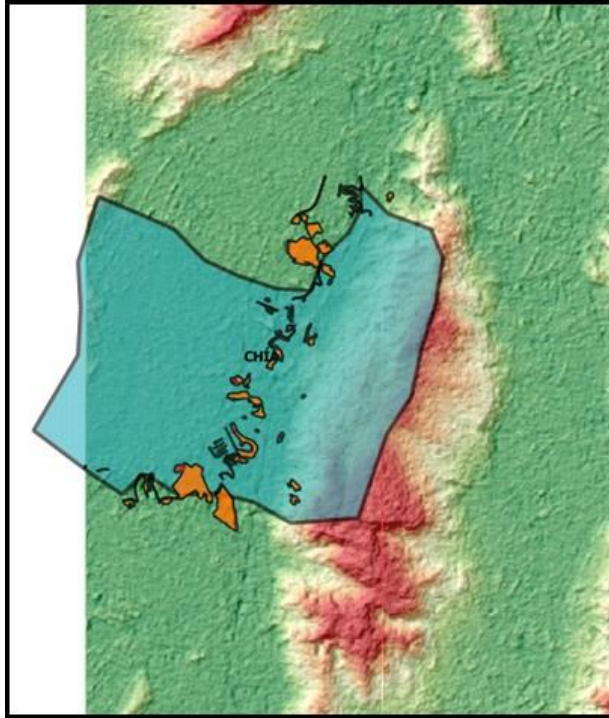
- Al igual que las Capa WFS, las Capas WMS se pueden encontrar en la página de la Infraestructura Colombiana de Datos Especiales (ICDE), en el listado de Servicios Web Geográficos. Vale anotar que los WMS a diferencia de los WFS son imágenes que no se puede modificar ni guardar. Cada vez que se necesite la capa WMS se debe de cargar al QGI.
- En el listado de Servicios Web Geográficos se copió el link de los Archivos WMS de las Zonas de Inundación. En el QGIS se dio añadir capa WMS, se asignó el nombre del servicio y se pegó el link copiado, al dar clic en consultar se despliega una ventana con los datos que se pueden consumir.
- En la lista de servicios se escogieron las capas correspondientes a las inundaciones del 16 y 23 de Mayo de 2011. Estas imágenes ilustran las Zonas afectadas por las inundaciones en esos periodos a lo largo de Colombia.
- Puesto que la capa no se puede editar, se creó una capa vectorial de polígono y calcula las áreas afectadas en Chía.

3.9.2 Información que proporciona. Las capas de inundaciones permiten visualizar de forma rápida la magnitud de las zonas afligidas por las inundaciones sufridas en Marzo de 2011.

Las zonas de color amarillo indican las inundaciones del 23 de Marzo mientras que las rojas las inundaciones del 16 del mismo mes (Figura 15).

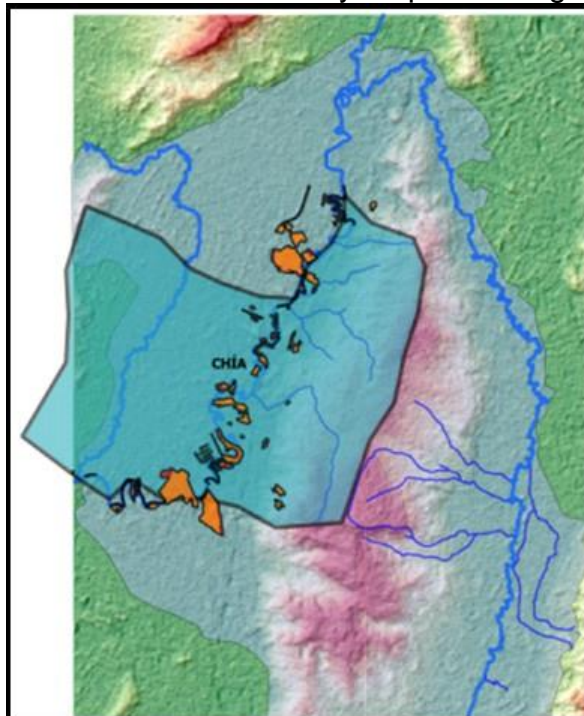
Por otro lado al sobreponer estos Raster a otras capas se pueden realizar comparaciones y ciertos análisis como por ejemplo con el mapa hidrológico (Figura 16). En esta Figura se ve que muchas de las zonas inundadas son consecuencia del desbordamiento del río Bogotá.

Figura 15. Inundación de marzo de 2011.



Fuente: Autoras.

Figura 16. Inundaciones de marzo de 2011 y mapa hidrológico.



Fuente: Autoras.

### 3.10 VÍAS (CAPA WFS)

3.10.1 Elaboración. La capa de Vías se creó en QGIS de la misma forma que la Capa de Bosques.

3.10.2 Información que proporciona. Al seleccionar en el QGIS Identificar Objeto espacial y dar clic sobre la vía, se abre una ventana con el tipo de vía y longitud de la misma.

El IGAC identifica siete tipos de vías su página de Geoservice<sup>19</sup>, estos tipos son:

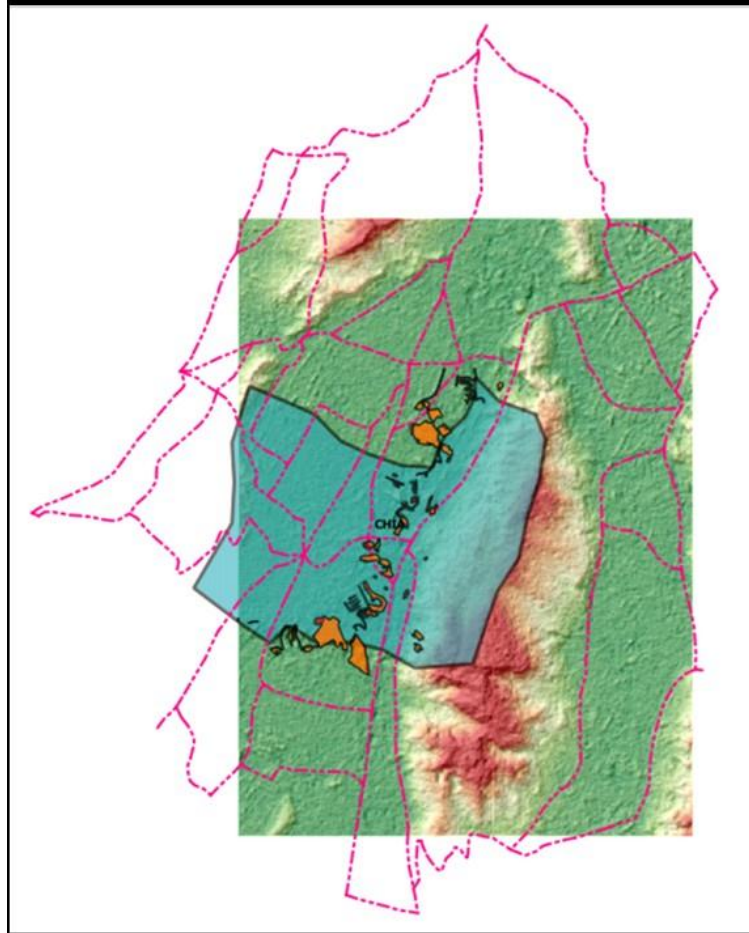
- Vías Tipo 1: 5-8 metros de ancho pavimentadas.
- Vías Tipo 2: 5-8 metros de ancho sin pavimentar.
- Vías Tipo 3: 2-5 metros de ancho pavimentadas.
- Vías Tipo 4: 2-5 metros de ancho sin pavimentar.
- Vías Tipo 5: Transitables en tiempo seco.
- Vías Tipo 6: Camino.
- Vías Tipo 7: Sendero.

---

<sup>19</sup> IGAC. Captura de elementos lineales [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 1 de mayo, 2014]. Disponible en Internet: <URL: [http://geoservice.igac.gov.co/contenidos\\_telecentro/cartografia\\_basica/cursos/sem\\_1/uni1/index.php?id=47](http://geoservice.igac.gov.co/contenidos_telecentro/cartografia_basica/cursos/sem_1/uni1/index.php?id=47)>.



Figura 17. Vías.



Fuente: Autoras.

## **4. MAPA DE ZONA DE AMENAZA POR INUNDACIÓN EN EL MUNICIPIO DE CHÍA**

### **4.1 ELABORACIÓN**

Para la elaboración del mapa que ilustra las zonas que pueden ser afectadas por las inundaciones en Chía, Se siguieron los procedimientos a continuación descritos:

#### **4.1.1 Conversión de capas Raster a Vectorial.**

- Para la ponderación de las capas se requiere que estén en formato vectorial con el propósito que generen las tablas de información, para ello se hizo la conversión de capa raster a capa vectorial en el menú Raster/ Poligonizar/ (Raster a vectorial) y se seleccionó la capa a transformar.
- Cuando la capa se convierte queda en color negro, por este motivo, se ingresó en el menú y se cambió las propiedades, asignándole el color deseado.
- Este proceso se hizo con las capas que se iban a ponderar: Mapa de pendiente, Mapa de elevación y Mapa hidrográfico.

#### **4.1.2 Buffer.**

- Se generaron mapas del área afectada a partir del mapa hidrológico, que como ya se había nombrado está compuesto por una capa para los Ríos y otra para quebradas.
- Se ingresó al menú Vectorial/ Herramientas de Geoproceso/ Buffer.
- Se desplegó una ventana de información donde se ingresó el nombre de la capa a trabajar, en este caso la capa Río y se asignó la distancia.
- Se le asignó el nombre de Río\_buffer y se seleccionaron las opciones: añadir al mapa y disolver resultados.
- Este proceso se repitió para la capa de quebradas.

#### **4.1.3 Intersección de mapas.**

- Se generaron mapas de intersecciones a partir de las capas vectoriales del Mapa de Elevación, Mapa de Pendientes y las capas buffer de Quebradas y Ríos.
- Se ingresó al menú Vectorial/ Herramienta de Geoproceso/ intersección.



- Se seleccionaron las capas a intersectar: Mapa de Elevaciones y Mapa de Pendientes.
- La capa resultante se intersectó con el buffer generado anteriormente.

#### 4.1.4 Reescalar.

- Los Mapas de Intersección que se generaron cuentan con valores predeterminados. Para visualizarlos se dio clic derecho en la capa deseada y se ubicó la opción /Tabla de Atributos.
- Se creó una columna nueva para pendiente y otra para elevación. Estas columnas se re-escalaron entre valores de 0 y 1, donde 0 fue el valor menos propenso a inundaciones y 1 denotaría las partes con mayor amenaza de este fenómeno.

#### 4.1.5 Ponderación.

- Se creó una nueva columna donde se ponderaron las variables nombradas anteriormente.
- Esta ponderación se formuló de la siguiente manera:

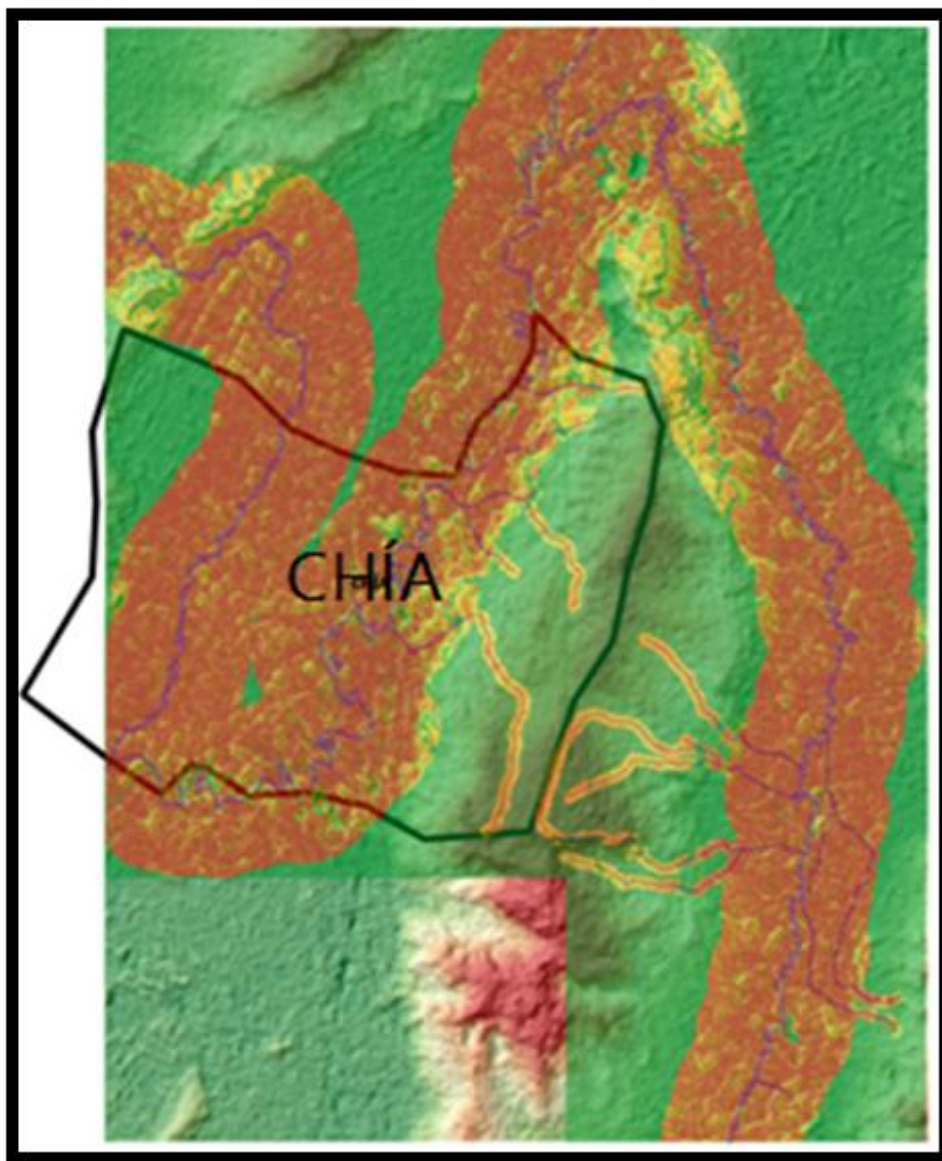
$$PONDERRACIÓN = Variables\ elevación * 0,25 + Variables\ pendiente * 0,75$$

Estos valores de ponderación corresponden a la hipótesis de un evento extremo de corta duración que colapsa la capacidad de escurrimiento de los canales.

#### 4.1.6 Conversión de capa Vectorial a Raster.

- Para la visualización de la ponderación realizada se necesita que las capas estén en formato Raster.
- El proceso que se realizó fue ir al menú Raster/ Poligonizar/ (Vectorial a Raster) y se seleccionó la capa a transformar.
- Al obtener la capa en formato Raster se optó por cambiar los colores en la opción de Unibanda de Pseudocolor en la tabla de propiedades de la Capa, esto con el fin de que se puedan identificar fácilmente las zonas con amenaza de inundación.

Figura 18. Mapa de amenaza por inundación.



Fuente: Autoras.

## 5. RESULTADOS

- La localización del municipio de Chía es un factor desfavorable, pues como se observa en las capas de Elevación y Pendiente, Figura 4 y Figura 8 respectivamente, Chía es un terreno con poca inclinación lo que dificulta la escorrentía y la evacuación del agua. Por otro lado cuenta con una hidrografía considerable conformada por el Río Bogotá, el Río Frío y el Río Teusacá (Figura 12), debido a que estos afluentes transportan grandes volúmenes de agua.
- A pesar de que la capa de Isoyetas no se tuvo en cuenta en la ponderación de los mapas dado que no hay variaciones, cabe resaltar que la precipitación anual calculada por este método es de vital importancia ya que la cantidad de agua provenientes de las lluvias aumenta los volúmenes de caudal causando los desbordamiento de los ríos que hacen parte del municipio de Chía
- A continuación se presenta la convención de colores del Mapa de Inundación generado y la categorización de Niveles de Amenaza que se decidió dar.

Tabla 8. Convención de Colores y categorización de Amenaza .

Probabilidad	Convención	Amenaza
20%-40%		Baja
50%-60%		Media
70%-80%		Alta

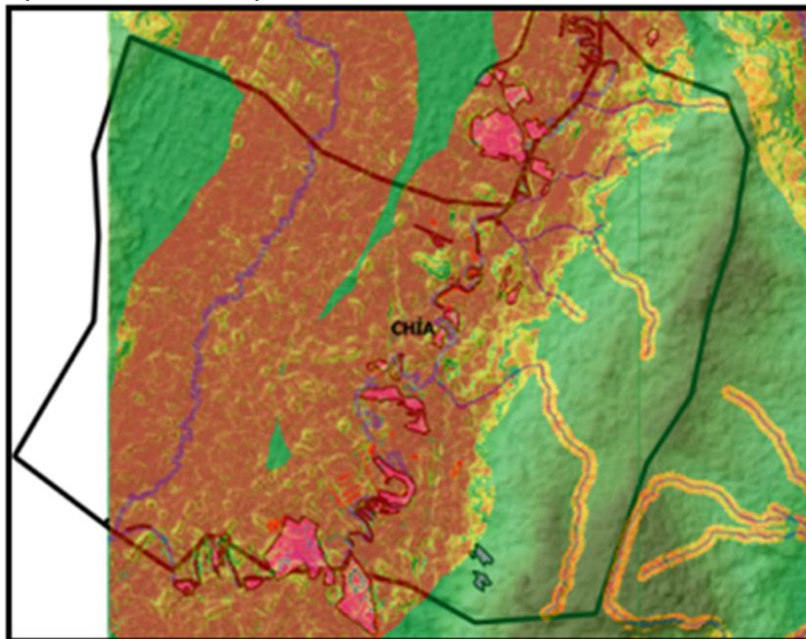
Fuente: Las Autoras.

- Interpretando la tabla anterior y la Figura 18 (Mapa de Inundación), se destaca que en su gran mayoría las áreas de influencia de los Ríos Bogotá, Frío y Teusacá tienen una probabilidad alta de inundarse, en especial en aquellas zonas de confluencia (unión de las corrientes hídricas).
- Al realizar el análisis de la tabla de atributos del Mapa de Vías (Fig 17) se observa que una de las zonas con probabilidad alta de inundación se ubica en la parte donde las vías están por debajo de la cota del río Bogotá. Esto sucede porque el construir por debajo del nivel promedio del río facilita que el terreno se inunde creando lo que antiguamente era la llanura de inundación del mismo.
- La zona del Río Frío con alta amenaza de inundación se debe a las altas pendientes que allí se manejan, además de la erosión en estas y las explotaciones indebidas de ganadería y agricultura.
- Las altas pendientes, la escasa capacidad del suelo para absorber la lluvia debido a la erosión o al revestimiento con cemento que se presenta por ejemplo en las urbanizaciones y los desbordamientos que se presentan en los ríos debido

a las precipitaciones propician el escenario perfecto para que una zona se vea amenazada por el fenómeno de la inundación.

- En la figura Número 19 se cruza el Mapa de Amenaza por Inundación con las Inundaciones del 2011, como se puede detallar las zonas afectadas por las Inundaciones anteriores coinciden con el mapa generado y tienen una probabilidad alta de volverse a inundar.

Figura 19. Mapa de amenaza por inundación e inundaciones del 2011.



Fuente: Autoras.

## 6. CONCLUSIONES

- De acuerdo al mapa generado las áreas aferentes a los Ríos Bogotá, Frío y Teusacá en el municipio de Chía tienen entre 70 y el 90% de probabilidad de inundarse en épocas invernales debido al desbordamiento de los afluentes.
- Las zonas identificadas son propensas a inundarse ya que de acuerdo a los datos reunidos, el terreno tiene poca pendiente y al presentarse un evento extremo de corta duración, la capacidad de escurrimiento de los canales colapsaría lo que impediría el adecuado drenaje de las aguas.
- Al cruzar el Mapa de Vías con el mapa de Amenaza por Inundaciones, se logra evidenciar que la mayoría de las vías existentes se verían afectadas por las posibles inundaciones. Lo que convierte el Sistema de Información Geográfica en una fuente de información necesaria para saber en qué zonas es recomendable desarrollar actividades socio-económicas como lo son la construcción de viviendas, la agricultura o la ganadería.
- Al comparar el Mapa de Amenaza por Inundación con las zonas afectadas en el 2011 se concluye que en un futuro estas superficies volverán a inundarse al igual que ese año por el desbordamiento del río.
- El SIG implementado permite visualizar las diferentes capas creadas de forma ordenada lo que facilita la interpretación de su información y el cruce con otros mapas.

## **7. RECOMENDACIONES**

- Es poca la información que se obtuvo sobre las características del suelo de Chía que se pudiera ponderar en el programa QGIS, sin embargo se recomienda tener en cuenta este factor pues a partir de él se pueden analizar otras causas de por las que se inunda el municipio de Chía.
- En el mapa de Inundaciones de 2011 obtenido en la página de la Infraestructura Colombiana de Datos Especiales (ICDE), solo se señalan las zonas afectadas por el desbordamiento del Río Bogotá por lo que se sugiere consultar las áreas que se inundaron por causa del desbordamiento del Río Frío.
- En esta investigación no se tuvo en cuenta los drenajes del municipio de Chía pues en la página del ICDE la extensión de este archivo es WMS lo que dificultaba bastante el manejo de esta información pero sería de mucha utilidad cruzar el sistema de drenaje con el Mapa generado de Amenaza por Inundación en Chía.
- Se propone que apartir de esta investigación, se calcule las llanuras de inundación en diferentes periodos de retorno para de determinar la amenaza y el riesgo, con el fin de analizar mecanismos de mitigación acordes.

## BIBLIOGRAFÍA

APARICIO, Francisco Javier. Fundamentos de hidrología de superficie. México: Limusa, 1992. 296 p.

BIBLIOTECA VIRTUAL, BIBLIOTECA LUIS ÁNGEL ARANGO. Sistemas de Información Geográfica [en línea]. Bogotá: La empresa [citado 3 de febrero, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/geografia/geo42.htm>>.

CDIM y ESCUELA SUPERIOR DE ADMINISTRACIÓN PÚBLICA. Generalidades Municipio de Chía [en línea]. Bogotá: La empresa [citado 3 de febrero, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos/plandeordenamientoterritorial/municipiodechia.pdf>>.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL CAR. Precipitaciones mensuales (mm) xls [en línea]. Bogotá: La empresa [citado 2 de mayo, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.car.gov.co>>.

CRUZ BARRETO, Mónica Alejandra, TORRES RODRÍGUEZ, Jonathan Alberto y RIVERA BASTO, Alejandra. Estudio de estabilidad de taludes en la región de Cundinamarca mediante el uso de sistemas de información geográfica de libre distribución. Trabajo de grado. Ingeniero Civil. Bogotá: Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Civil, 2012. 95 p.

DAS, Braja. Fundamentos de ingeniería geotécnica. México: International Thomson Editores, 2001, 376 p.

FILESUFFIX.COM. Geotiff [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 1 de mayo, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.filesuffix.com/es/extension/geotiff>>.

FOPAE. Inundaciones [en línea]. Bogotá: La empresa [citado 3 de febrero, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.fopae.gov.co/portal/page/portal/fopae/inundaciones/queHacer.pdf>>.

GOBERNACIÓN DEL VALLE DEL CAUCA. Sistemas de Información Geográfica [en línea]. Bogotá: La empresa [citado 09 de febrero, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.valledelcauca.gov.co/reconstruccion/descargar.php?id=7804>>.

IGAC. Captura de elementos lineales [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 1 de mayo, 2014]. Disponible en Internet: <URL: [http://geoservice.igac.gov.co/contenidos\\_telecentro/cartografia\\_basica/cursos/sem\\_1/uni1/index.php?id=47](http://geoservice.igac.gov.co/contenidos_telecentro/cartografia_basica/cursos/sem_1/uni1/index.php?id=47)>.

NEIRA GIRÓN, Álvaro Hernán, MELO SORACIPA, Freddy Orlando y RIVERA BASTO, Alejandra. Elaboración de mapas de probabilidad de riesgo de ocurrencia de fenómenos de remoción de masa, mediante el uso de SIG, caso de aplicación: localidad de Usaquén, Bogotá. Trabajo de grado. Ingeniero Civil. Bogotá: Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Civil, 2012. 105 p.

QSIG. QGIS: un Sistema de Información Geográfica libre y de código abierto [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 1 de mayo, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.qgis.org/es/site/>>.

SISTEMA NACIONAL DE GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRE. Inundaciones [en línea]. Bogotá: La empresa [citado 30 de enero, 2014]. Disponible en Internet: <URL: [http://www.sigpad.gov.co/sigpad/paginas\\_detalle.aspx?idp=144](http://www.sigpad.gov.co/sigpad/paginas_detalle.aspx?idp=144)>.

SLIDESHARE. Capa Vectorial [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 1 de mayo, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.slideshare.net/sacra07/sig-sistemas-de-informacin-geografica>>.

TELEFORMACIÓN. Precipitaciones [en línea]. Bogotá: La empresa [citado 3 de febrero, 2014]. Disponible en Internet: <URL: [http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/AYC/document/atmosfera\\_y\\_clima/humedad/precipitaciones0.htm](http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/AYC/document/atmosfera_y_clima/humedad/precipitaciones0.htm)>.

UM. El formato Raster: fundamentos [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 1 de mayo, 2014]. Disponible en Internet: <URL: [http://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario\\_4.pdf](http://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario_4.pdf)>.

UNIVERSIDAD DISTRITAL. Diplomado sobre emergencias naturales [en línea]. Bogotá: La empresa [citado 30 de enero, 2014]. Disponible en Internet: <<http://comunidad.udistrital.edu.co/hzuniga/files/2012/06/Memorias-Diplomado.pdf>>.